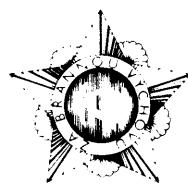


NOSITEL  
VYZNAMENÁNÍ  
ZA BRANNOU  
VÝCHOVU  
I. A II. STUPNĚ



**ŘADA PRO KONSTRUKTÉRY**

**ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ**  
ROČNIK XXXVII/1988 ● ● ČÍSLO 5

**V TOMTO SEŠITĚ**

**ČSVTS..... 161**

**ELEKTRONIKA PRO HIFIKLU-  
BY, HUDEBNÍ SOUBORY  
A DISKOTÉKY**

1. Úvod .....	162
2. Mikrofony .....	162
Rozdělení mikrofonů .....	163
Tuzemské mikrofony .....	164
Zahraniční mikrofony .....	166
Měřicí mikrofon .....	168
3. Sluchátka .....	170
Tuzemská sluchátka .....	170
Zahraniční sluchátka .....	171
4. Reproduktory .....	172
Tuzemské typy .....	172
Zahraniční typy .....	172
5. Reproduktorové soustavy pro diskotéky .....	175
6. Reproduktorové soustavy pro hudební soubory .....	177
7. Ozvučování .....	181
8. Obvody pro kytary .....	182
Fázovač, omezovač, ekvalizér .....	182
Kytarové varhany .....	184
Předzesilovač, wah-wah .....	186
Kytarový box .....	187
9. Elektronické bicí nástroje .....	188
10. Předzesilovače, směšovače, zesilovače .....	190
Zesilovač 200 W .....	195
Konstrukční část (Běžící světlo, Barevný doprovod, Tříhlasá siréna, Bezdrátový mikrofon, Monitor VKV) .....	197
Inzerce .....	199

**AMATÉRSKÉ RÁDIO ŘADA B**

Vydává ÚV Sazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor ing. Jan Klabal. Redakční radu řídí ing. J. T. Hyán. Redaktor L. Kalousek, OK1FAC. Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7, šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšířuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, ústřední expedice a dovoz tisku, závod 01, Káfkova 9, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 160 05 Praha 6, Vlastina ulice č. 889/23. Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má výjít podle plánu 13. 10. 1988.  
© Vydavatelství NAŠE VOJSKO.

**ČESKOSLOVENSKÁ VĚDECKOTECHNICKÁ  
SPOLEČNOST**

Ceskoslovenská vědeckotechnická společnost je jednou z organizací Národní fronty CSSR, jejíž význam od vzniku v roce 1955 stále stoupá, stejně jako počet jejích členů, který dosáhl v letošním roce čísla většího než 700 000 (individuální členové), popř. většího než 6800 (kolektivní členové). ČSVTS rozvíjí svou činnost pod vedením KSČ a zaměřuje se zejména na realizaci úkolů stanovených sjezdy KSČ a zasedáním jejího UV. Činnost ČSVTS se rozvíjí za podpory Národní fronty a jak federální, tak i národních vlád ČSSR, úloha orgánů ČSVTS i poboček při rozvíjení vědeckotechnického pokroku je zakotvena i v zákonu o státním podniku.

VII. sjezd ČSVTS, který se konal začátkem září, zhodnotil dosavadní činnost organizace jako vcelku pozitivní, ovšem se zřetelem na probíhající přestavbu hospodářského mechanismu rozhodl o nutnosti promýšlené inovace poslání i činnosti ČSVTS; jako základní náplň činnosti všech členů, orgánů a organizací ČSVTS určil aktivní, iniciativní a tvůrčí účast na komplexní přestavbě československé socialistické společnosti, na přestavbě hospodářského mechanismu a všeobecném rozvoji socialistické demokracie, na urychlení hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR, na intenzivním rozvíjení vědeckotechnických poznatků a jejich zavádění do praxe. Sjezd rozhodl, že program činnosti ČSVTS musí být programem účasti ČSVTS na urychlení hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR, její účasti v přechodu od dosavadního k novému systému řízení a k intenzivnímu rozvoji národního hospodářství. Program však musí zůstat současně otevřeným dokumentem, který bude doplňován o nové úkoly, které vzniknou v procesu přestavby i při přípravě a plnění úkolů 9. pětiletky.

VII. sjezd projednal úkoly ČSVTS, určené základními dokumenty, jimiž jsou: Hlavní směry hospodářského a sociálního rozvoje na léta 1986-1990 s výhledem do roku 2000, Komplexní program vědeckotechnického pokroku členských zemí RVHP do roku 2000, dokumenty o přestavbě hospodářského mechanismu, zákon o státním podniku, o družstevnictví apod. a vzhledem k tomu, že provořadý význam bude mít i nadále vědeckotechnický pokrok, určil, že je nutná orientace členů ČSVTS, jejich orgánů i organizací na

- urychlené zavádění výsledků vědy a techniky do praxe,
- zvyšování produktivity práce a efektivnosti, vyjádření úsporami živé i zhmotnělé práce,
- růst kvality, technicko-ekonomických parametrů technologií, zařízení i veškeré produkce i činnosti řady nevýrobních sfér,
- ekologizaci, tj. péči o tvorbu a ochranu životního prostředí, včetně bezpečnosti, kultury a hygieny práce.

Tyto základní úkoly je pak třeba zabezpečovat především využitím elektronizace národního hospodářství, komplexní automatizací, rozvojem jaderné energetiky, vývojem nových druhů materiálů a technologií a konečně rozvojem a využitím biotechnologií. Jde tedy o to, zajistit vyvážené spojení odborného vzdělání a výměny zkušeností

a získávat politické a ekonomické znalosti na jedné straně a v praxi řešit konkrétní aktuální problémy přestavby, vědecké a technické úkoly a realizovat je na straně druhé. Zvláště významně vystupuje v této době nutnost vysoké úrovně odborných znalostí, které se nedají nahradit ani obětavostí, ani politickým uvědoměním. Jen odborné znalosti však také nestačí, nikdo, kdo nemá dost odvahy a vytrvalosti při prosazování nového či dostatek společenského uvědomění a socialistické morálky, nemůže být mnoho platný, i kdyby byl vynikající odborník, všichni si musí být vědomi širších souvislostí, politických, ekonomických a dalších aspektů dnešního rozvoje vědy a techniky, aby byli odborně i občansky na úrovni. Provořadou pozornost je tedy třeba věnovat oběma stránkám činnosti ČSVTS — získávání nových znalostí a poznatků i řešení a realizaci konkrétních úkolů.

VII. sjezd zdůraznil i nutnost rozvíjet všechny zdroje iniciativy a tvůrčí činnosti pracujících a to v souvislosti s dalším rozšířením a zkvalitněním socialistické demokracie. Je nutné dbát na to, aby byly důsledně uplatňovány základní demokratická a společenská pravidla a normy činnosti ČSVTS, zakotvené ve stanovách. Kromě toho je si třeba uvědomit, že skutečné a neformální uplatňování demokracie je podmíněno plnou a kvalifikovanou informovaností, aby se všichni mohli rozhodovat na základě podrobných, úplných a objektivních informací, na základě jejich analýzy a pochopení. S těmito a dalšími problémy v této oblasti je třeba se v dalším období vypořádat, odstranit všechny nedostatky a zajistit, aby i organizační uspořádání ČSVTS odpovídalo novým poměrům. Je však třeba zdůraznit, že další rozšíření a prohloubení demokratického stylu práce ČSVTS nelze považovat za samoučelné, neboť nejde o diskusi pro diskusi, o formální dodržování pravidel a směrnic, o vykazování organizací, v nichž se konaly tajné volby atd., ale o to, aby demokratizaci byla vytvořena základní podmínka pro aktivní účast pracujících na řízení a správě, na tvůrčí realizaci plánů a úkolů ČSVTS, na dosažení souladu mezi činy a slovy, aby byly vytvořeny podmínky k podstatné aktivizaci činnosti celé Československé vědeckotechnické společnosti.

VII. sjezd ČSVTS rozhodl také o změnách ve formách a metodách činnosti, které ve svém souhrnu tvoří systém politickovýchovné a odborné činnosti ČSVTS. A to tak, že je třeba politickovýchovnou činností organizace působit k rozvoji nového myšlení v syntéze politicko-spoločenských, odborných a kádrových hledisek, zvláště pak ve vztahu k iniciativě pracujících. Hlavním nástrojem na tomto poli aktivity zůstávají moderní metody rozvíjení iniciativy, formulované v zásadách a směrech Pražské výzvy, při jejímž vzniku měla ČSVTS důležité místo (viz AR A1/86, str. 3). Pražskou výzvu charakterizuje systémový přístup v práci s technickou inteligencí, který je nutno dále rozvíjet, aktualizovat a současně, což je zvláště nyní velmi důležité, bránit proti byrokratickým a formálním přístupům.

Jako způsob, jak zajistit efektivnost činnosti organizace v tomto směru,

doporučil sjezd každoročně posuzovat a projednávat hlavní výsledky činnosti i aktuální úkoly na celostátních aktivech funkcionářů ČSVTS.

Pokud jde o odbornou činnost organizace, musí vycházet z potřeb podniků, okresů a krajů a především z celospolečenských zájmů a zabezpečovat bezprostřední přenos poznatků naší i zahraniční vědy a techniky do praxe; musí pokračovat v dosavadní činnosti — v účinné podpoře tvorby

i plnění plánů rozvoje vědy a techniky, programu základního výzkumu a úkolů ekonomického výzkumu. Znamená to výrazněji se orientovat na potřeby praxe, na růst produktivity, na snížení spotřeby materiálů, energie a surovin, na podstatné zvýšení kvality výroby a výrobků, urychlené využívání poznatků vědy a techniky, zdokonalování organizace práce a řízení, na tvorbu a ochranu životního prostředí a bezpečnost při práci. ČSVTS se současně

musí stát organizací bližší zájmům vynálezců a zlepšovatelů, podporovat je, pomáhat jim odborně a metodicky v poradenských a konsultačních střediscích a v realizačních dílnách, předávat jim nové technické poznatky. Je třeba i rozšířit činnost v racionalizačních dílnách, podněcovat jejich základní a jejich vybavení odpovídající technikou atd.

(Pokračování)

## ELEKTRONIKA PRO HIFI KLUBY, HUDEBNÍ SOUBORY A DISKOTÉKY

Ing. Jaroslav Bárta, Vladimír Němec

**S neustále rostoucími požadavky na technické vybavení hifiklubů, hudebních souborů apod. rostou též požadavky na znalost spojené nejen s výběrem jednotlivých částí elektroakustického řetězce, ale i s jejich správným propojením a používáním. Proto je nutné seznámit se se základními vlastnostmi a parametry jednotlivých částí tohoto řetězce. To se týká např. nejen zvukových techniků, ale i interpretů (mikrofon ve správné vzdálenosti apod.).**

### 1. Úvod

Autoři se pokusili na dalších stránkách osvětlit technickou problematiku spojenou s elektroakustikou. Čtenáři v tomto čísle AR řady B najdou informace o elektroakustických měničích a jejich používání (mikrofony, sluchátka, reproduktory), reproduktoričových soustavách, ozvučování uzavřených a volných prostorů, elektronických obvodech pro kytařu, elektronických bicích nástrojích, směšovačích, výkonových zesilovačích a světelných efektech.

V textu zájemci dále nalezou popis vybraných tužemských i zahraničních elektroakustických výrobků. Na závěr uvádíme několik návodů na zajímavá doplňková zařízení.

### 2. Mikrofony

Mikrofon přeměňuje akustickou energii, která na něj dopadá, na energii elektrickou. Snímá tedy akustický signál z akustického pole, které jej obklopuje a tento signál mění na odpovídající signál elektrický. Jde tedy o akustický přijímač. Mikrofonům musí být věnována velká pozornost, neboť nesprávně sejmoutý signál již není možno opravit — úpravy signálu slouží pouze k dosažení určitého estetického účinku nebo k dosažení určitého zvukového záměru. Znalost vlastností mikrofonu spolu se správnou aplikací jsou první podmírkou úspěchu. Pro popis jejich vlastností je třeba si osvětlit některé základní pojmy a technické parametry, u nichž je uvedené.

#### 2. 1 Základní pojmy a technické parametry

**Akustická osa mikrofonu** je u rotačně symetrických mikrofonů obvykle totožná s jeho geometrickou osou. U ostatních mikrofonů je určena výrobcem a to zpravidla ve směru maximální citlivosti.

**Referenční bod mikrofonu** je průsečík osy mikrofonu s plochou jeho akustického vstupu. U jednotek s větším počtem vstupů se uvažuje hlavní vstup, který bývá označen výrobcem.

*Vnitřní elektrická impedance* mikrofonu je elektrická impedance měřená na výstupních svorkách mikrofonu, umístěného ve volném akustickém poli.

*Jmenovitá zatěžovací impedance* je zatěžovací impedance stanovená výrobcem (je volena tak, aby přenosové vlastnosti mikrofonu byly optimální).

*Kapacita mikrofonu* je vnitřní kapacita elektrostatického nebo piezoelektrického mikrofonu, měřená přímo na jeho výstupních svorkách, je-li mikrofon umístěn ve volném poli.

*Kmitočtová charakteristika* je kmitočtová závislost výstupního napětí mikrofonu (např. jeho hladiny) při konstantním budicím akustickém tlaku, znázorněná nejčastěji graficky. Budicím akustickým tlakem se při umístění mikrofonu ve volném akustickém poli rozumí akustický tlak v místě, v němž při měření bude umístěn referenční bod mikrofonu. Pokud není uvedeno jinak, rozumí se, že je mikrofon umístěn v rovině akustickém poli.

*Nerovnoměrnost kmitočtové charakteristiky* je rozdíl max. a min. citlivosti v uvažovaném kmitočtovém rozsahu (v dB).

*Citlivost mikrofonu*,  $\eta$ , je poměr výstupního napětí mikrofonu k akustickému tlaku, který toto napětí vybudit. Obvykle se udává v mV/Pa.

$$\eta = \frac{U}{P} \quad [\text{mV/Pa; mV, Pa}]$$

*Citlivost mikrofonu ve volném akustickém poli* je citlivost vztázená k akustickému tlaku nerušeného akustického pole v místě hlavního vstupu mikrofonu (rozumí se akustický tlak, jaký by byl v místě vstupu mikrofonu, kdyby tento mikrofon byl z akustického pole odstraněn), pro daný směr šíření akustických vln.

*Tlaková citlivost mikrofonu*,  $\eta_p$ , je citlivost vztázená ke skutečnému akustickému tlaku na hlavním vstupu mikrofonu.

*Citlivost mikrofonu v difúzním poli*,  $\eta_{dif}$ , je citlivost při ozvučení mikrofonu ideálním difúzním polem (vlnoplochy nejsou definovány a směr šíření jsou v každém bodě náhodně rozloženy).

Omylem byly shodné očíslované desky s plošnými spoji v AR B2 a B4/88, proto při objednávce desek kromě čísla uvedte vždy i číslo AR, z něhož desku objed-

*Citlivost mikrofonu při hovoru zblízka* je citlivost mikrofonu ozvučeného umělými ústy ve výrobem předepsané vzdálenosti a akustickém tlaku (např. 2 cm a 94 dB).

*Mezní akustický tlak* je největší akustický tlak, při němž ještě nebude mít výstupní signál mikrofonu větší než dané zkreslení.

*Směrová charakteristika* je závislost citlivosti mikrofonu na úhlu, který svírá akustická osa mikrofonu se směrem šíření postupujících akustických vln. Udává se obvykle při ozvučení rovinou akustickou vlnou ve vodorovné rovině. Může mít tvar

a) *kulový*: Mikrofon s touto směrovou charakteristikou je při nízkých a středních kmitočtech (od 40 Hz až do 2 kHz) všeobecný, tzn., že je jeho citlivost v uvedeném pásmu pro všechny směry stejná. Pro vyšší kmitočty se stává mikrofonem jednostranně směrovaným, což je způsobeno deformací akustického pole rozmezí mikrofonu (vlnová délka je srovnatelná s rozmezí mikrofonu). Kulová charakteristika může být vytvořena jedině tlakovým mikrofonem (gradientní mikrofon 0. řádu);

b) *osmičkový*: Tato charakteristika může být vytvořena rychlostním mikrofonem (gradientní mikrofonem 1. řádu). Citlivost je stejná ze dvou protilehlých stran (0° a 180°). Směrová charakteristika zachovává svůj tvar — osmičku — při signálech téměř všech kmitočtů;

c) *kardiodní*: Kombinací předešlých dvou typů (tlakového a rychlostního) lze dosáhnout směrové charakteristiky kardiodní. Mikrofony s touto charakteristikou jsou citlivé převážně na akustické vlny přicházející zepředu. Pro vlny dopadající z protisměru jsou vždy méně citlivější;

d) *hyperkardiodní*: Vzniká při přechodu charakteristiky kardiodní na osmičkovou;

e) *směrový*: Směrová charakteristika tohoto typu mikrofonu je velmi úzká. Mikrofony s touto charakteristikou dosahují, zvláště v oblasti vysokých kmitočtů, velkého činitele směrovosti.

Příklady směrových charakteristik mikrofonů jsou na obr. 1.

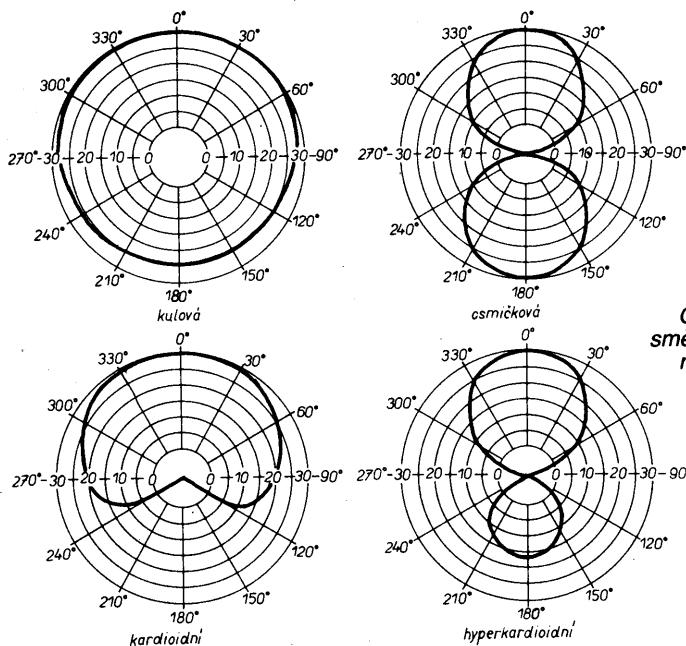
*Cinitel směrovosti*  $Q$  je poměr čtverce výstupního napětí daného mikrofonu, dopadáli na jeho vstup akustická vlna postupující ve směru jeho osy, ku čtverci výstupního napětí při témže akustickém tlaku, je-li mikrofon umístěn v difúzním poli. Jeho velikost lze také určit integrací ze směrové charakteristiky. Jako základ byl zvolen mikrofon s kulovou směrovou charakteristikou a jeho činitel smě-

#### UPOZORNĚNÍ

náváte, nebo uvádějte správné označení desek (AR B4/88): deska W211 ze str. 136 má být správně W214, deska W212 ze str.

142 má být správně W215 a konečně deska W213 ze str. 142 má být správně W216.

Za uvedený omyl se redakce čtenářům omlouvá.



Obr. 1. Příklady směrových charakteristik mikrofonů

Tab. 1. Směrové vlastnosti mikrofonů

Charakteristika	kulová	osmičková	kardioidní	hyperkardioidní	úzce směrová
Typ mikrofonu	tlakový	rychlostní	kombinovaný	kombinovaný	gradientní 2. řádu
rovnice směrové charakteristiky	$k$	$k \cdot \cos \theta$	$k(0,5 + 0,5\cos \theta)$	$k(0,25 + 0,75\cos \theta)$	$k(0,5 + 0,5\cos \theta) \cdot \cos \theta$
činitel směrovosti	1	3	3	4	7,5

rovosti byl určen 1. Ostatní směrové charakteristiky mají činitel směrovosti větší. Činitely směrovosti mikrofonů a rovnice směrové charakteristiky pro různé typy mikrofonů jsou v tab. 1.

Index směrovosti,  $I_G$ , je činitel směrovosti, vyjádřený v dB

$$I_G = 10 \log Q \quad [\text{dB}]$$

Předozadní poměr citlivosti kardioidního mikrofonu (při otočení o 180°) je poměr výstupního napětí mikrofonu ozvučeného ze zpědu akustickou vlnou postupující ve směru jeho osy a výstupního napětí při ozvučení téhož mikrofonu, dopadá-li na něj akustická vlna, svírající s osou úhel 180°, vyjádřený v dB.

Ekvivalentní hladina šumu,  $h_s$ , je hladina akustického tlaku akustické vlny postupující ve směru osy mikrofonu, která vybudí na výstupu mikrofonu (o kmitočtové) střední citlivost  $\eta_s$  stejně efektivní výstupní napětí  $U_s$ , jaké vznikne na výstupních svorkách téhož mikrofonu, je-li uzavřen v dokonale tichém bezdovukovém prostoru. Obvykle se vychází z šumového napětí, váženého filtrem s přenosovou charakteristikou odpovídající vahové křivce A.

## 2.2 Rozdělení mikrofonů

Mikrofony lze rozdělit podle směrových charakteristik (viz obr. 1), druhů akustických přijímačů a podle použitých elektromechanických převodníků. Rozdělení mikrofonů podle uvedených zásad je v tab. 2. Na základní akustické vlastnosti mikrofonu (tedy na jeho směrovou charakteristiku v roviném i kulovém akustickém poli) má rozdodující vliv druh přijímače. Zmíněné vlastnosti nezávisí na použitém elektromechanic-kém převodníku.

Vedle uvedeného rozdělení je možné mikrofony dále rozdělit na membránové a bezmembránové. U membránových mikrofonů působí akustické pole na membránu, jejíž pohyb se přenáší přes spojovací prvek na

točtu nezávislé. Většina běžně vyráběných mikrofonů pracuje v oblasti nízkých kmitočtů jako gradientní akustické přijímače, v oblasti vysokých kmitočtů (jejich rozměry srovnatelné s délkou vlny) jako mikrofony vlnové.

## 2.3 Mikrofony tlakové

Výstupní napětí tohoto druhu mikrofonů je úměrné nulté derivaci akustického tlaku podle souřadnice ve směru šíření akustické vlny, tedy přímo akustickému tlaku, a kmitočtový průběh nezávisí na vzdálenosti od zdroje signálu. Mají kulovou směrovou charakteristiku, které odpovídá činitel směrovosti jedna. To znamená, že citlivost mikrofonu je stejná jak při rovinné vlně, tak v difúzním akustickém poli. Tlakový mikrofon má uvedené vlastnosti, pokud jeho rozměr je menší než délka vlny přijímaného signálu. Pokud je délka vlny přijímaného signálu srovnatelná nebo menší než vstupní část mikrofonu, zvětší se akustický tlak na vstupu mikrofonu a deformeje se původní všeobecně směrová (kulová) směrová charakteristika. Při dopadu akustických vln ze strany pod úhlem 90° tento jev u některých druhů mikrofonů nevznikne. To má za následek, že má-li tlakový mikrofon při ozvučení zpědu ve směru osy kmitočtově nezávisly průběh citlivosti, při dopadu akustických vln ze strany pod úhlem 90° nastává úbytek vysokých kmitočtů. To lze odstranit vhodnou volbou akustických obvodů v vstupní části mikrofonu.

Další významnou vlastností tlakových mikrofonů je i jejich poměrně malá citlivost na vliv proudícího vzduchu, což je důležité pro snímání signálů ve volném prostoru (venku). Tuto citlivost lze ještě zmenšit, opatříme-li tlakový mikrofon krytem (ve tvaru koule) z molitanu. Kryt velmi podstatně zmenší hluk vznikající prouděním vzduchu okolo mikrofonu.

U tlakového mikrofonu elektrostatického, popř. elektretového, lze jednoduchým způsobem stanovit absolutní citlivost a kmitočtový průběh. Z těchto důvodů se používají jako měřící mikrofony.

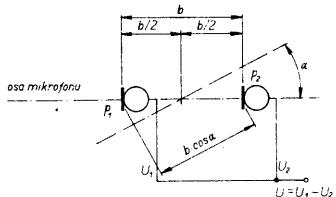
## 2.4 Mikrofony rychlostní (gradientní mikrofony 1. řádu)

Výstupní napětí gradientního mikrofonu prvního řádu je úměrné první derivaci akustického tlaku podle směru šíření akustického signálu, které je

$$U = \frac{\delta p}{\delta x} \sim v,$$

Tab. 2. Rozdělení mikrofonů

I. Podle elektromechanických převodníků	
Reciproké měniče	Nereciproké měniče
elektrodynamické (cívkové, páskové) elektromagnetické elektrostatické elektretové piezoelektrické	
uhlikové polovodičové tepevné	
II. podle druhu akustických přijímačů	
Podle řádu derivace	Podle řídicí veličiny
gradientní 0. řádu gradientní 1. řádu kombinované 0. a 1. řádu gradientní vyšších řádů	tlakové rychlostní
kulové osmičkové kardioidní hyperkardioidní úzce směrové potlačující hluk	
III. Podle počtu použitých jednotek	
dvoupásmové	kardioidní hyperkardioidní úzce směrové



Obr. 2. Schématické znázornění gradientního mikrofonu 1. řádu

tedy úměrné akustické rychlosti v zvukovém pole. Tento druh mikrofonu si můžeme představit jako soustavu dvou stejných tlakových mikrofonů o citlivosti  $\eta$ , vzdálených od sebe o délku  $b$  (obr. 2.). Výstupy mikrofonů jsou zapojeny tak, aby se výsledně napětí rovnalo rozdílu výstupních napětí obou jednotek, jejichž citlivost je stejná

$$U = U_1 - U_2 = (p - p_2) = \Delta p.$$

Z rovnice vyplývá, že výstupní napětí  $U$  se také rovná rozdílu akustických tlaků v referenčních bodech dílčích mikrofonů. Směrová charakteristika je při  $b \ll \lambda$  osmičková.

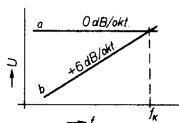
Pro oblast nízkých kmitočtů, kdy jde o kulovou vlnu  $\lambda \gg 2\pi x$ , nezávisí výstupní napětí na kmitočtu (je-li použit výklopkový elektro-mechanický měnič a jede-li o bodový zdroj) a platí tedy

$$U = \frac{b}{x} \quad p \cos \alpha = p.$$

Pro větší vzdálenost a vyšší kmitočty, kdy  $\lambda \ll 2\pi x$ , tedy pro rovinou akustickou vlnu působící na mikrofon, roste výstupní napětí s kmitočtem

$$U = \eta \Delta p = \eta p k b \cos \alpha = \eta p 2\pi \frac{b}{\lambda}.$$

Uvedené závislosti jsou na obr. 3. Ze srovnání obou případů je zřejmé, že citlivost gra-



Obr. 3. Kmitočtové průběhy gradientního mikrofonu 1. řádu; a) v kulovém akustickém poli, b) v rovině akustické vlně

dientního mikrofonu je v kulovém akustickém poli větší než v roviném. Poměr obou citlivostí je tím větší, čím větší je zakřivení vlnoplochy. Od kmitočtu  $f_k$ , při němž  $k_x = \frac{2\pi}{\lambda} = 1$ , který závisí na vzdálenosti mikrofonu od zdroje, se přestává vliv zakřivení vlnoplochy uplatňovat.

Lze dokázat, že výstupní napětí každého gradientního mikrofonu prvního řádu je v oblasti kmitočtů, kdy  $b \ll \lambda$ , úměrné akustické rychlosti v vzduchových částicích. Jako rychlostní mikrofon může pracovat každý gradientní mikrofon prvního řádu, je-li opatřen obvodem (na akustické nebo elektrické straně) ovlivňujícím jeho kmitočtový průběh tak, aby výstupní napětí nezáviselo v dané oblasti na kmitočtu.

Rychlostní mikrofon bez jakýchkoli akustických nebo elektrických úprav lze použít pro přenos zvuku za podmínky, že je akustický zdroj dostatečně vzdálen od mikrofonu a akustická vlna je roviná. Například připusťme-li na dolním mezním kmitočtu mikrofonu vstup kmitočtové charakteristiky o 3 dB, musí být vzdálenost zdroje a mikrofona

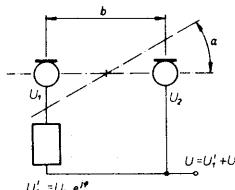
$$x_k = \frac{\lambda}{2\pi}$$

což pro kmitočet 50 Hz reprezentuje vzdálenost 1,1 metru. Bude-li vzdálenost mikrofonu od zdroje menší, musíme mikrofon opatřit korekčními obvody (akustické nebo elektrické), aby výsledná kmitočtová charakteristika byla vyrovnaná.

## 2.5 Mikrofony se směrovanou charakteristikou

V praxi se mikrofonům se směrovanou charakteristikou používá velmi často k potlačení vlivu okolního hluku a vyloučení nepříznivého vlivu nevhodných akustických vlastností prostoru, z nichž se přenos uskutečňuje.

Akustický příjemec se směrovanou charakteristikou vznikne kombinací dvou tlakových příjemců, z nichž jeden je na svém výstupu opatřen obvodem natáčejícím fázi výstupního napětí, přičemž se výstupní signály obou jednotek sčítají, jak je uvedeno na obr. 4. Je-li velikost fázového pootočení vý-



Obr. 4. Základní uspořádání jednotek mikrofonu s kardioidní směrovou charakteristikou

stupního napětí jednoho z takových příjemců

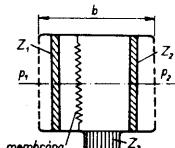
$$\varphi = \frac{b}{c_0} \omega,$$

kde  $b$  je vzdálenost obou jednotek,  $\omega$  úhlový kmitočet a  $c_0$  rychlosť zvuku, je výsledná směrová charakteristika soustavy dána výrazem

$$U = p \eta \omega \frac{b}{c_0} (1 + \cos \alpha) \quad [V; Pa, VPa^{-1}, s^{-1}, m, ms^{-1}].$$

Výraz  $(1 + \cos \alpha)$  reprezentuje kardioidní směrovou charakteristiku.

Další možností konstrukce mikrofonu se směrovanou charakteristikou (v praxi nejvíce používaná) je kombinovaný mikrofon s je-



Obr. 5. Základní uspořádání kardioidního mikrofonu s jedinou membránou

dinou membránou, obr. 5. Pro rychlosť membrány v platí základní vztah

$$V = \frac{p}{S} \frac{1}{Z_1 (1 + \frac{Z_3}{Z_2}) + Z_3} \cdot (1 + j \omega \frac{b}{c_0} \frac{Z_3}{Z_2} \cos \alpha)$$

za předpokladu, že vzdálenost  $b$  mezi vstupy mikrofonu je značně menší než délka vlny  $\lambda$  a jde o rovinou vlnu.

Pro kardioidní charakteristiku musí platit podmínka:

$$j \omega \frac{b}{c_0} \frac{Z_3}{Z_2} = 1,$$

pro hyperkardioidní charakteristiku

$$j \omega \frac{b}{c_0} \frac{Z_3}{Z_2} = \frac{4}{3}.$$

Mikrofony s kardioidní směrovou charakteristikou patří k nejčastěji používaným mikrofonům pro jejich přijatelně velký činitel směrovosti, málo závislý na kmitočtu. S ohledem na praktické použití je účelné, aby jejich činitel směrovosti měl požadovanou velikost zejména v oblasti nízkých a středních kmitočtů.

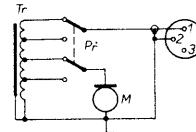
## 2.6 Tuzemské typy mikrofonů

Jediným výrobcem mikrofonů v ČSSR je k. p. TESLA Valašské Meziříčí. Všechny typy vyráběných mikrofonů mají elektrodynamický cívkový měnič a jejich základní technické parametry a použití je v tab. 3.

Ke snímání zvuku v hudebních souborech (zpěv, nástroje) nebo k uvádění komponovaných pořadů využívají mikrofony AMD 215M, AMD 461, AMD 465 a AMD 470. Nyní si podrobněji popíšeme jednotlivé typy:

### AMD 215M

Dynamický mikrofon AMD 215M má kardioidní směrovou charakteristiku. Výstupní impedance je 2000  $\Omega$  (převodní transformátor). Mikrofon je vybaven přepínačem hudebně-řeč. Zapojení mikrofonu je na obr. 6.



Obr. 6. Zapojení mikrofonu AMD 215M

### Technické vlastnosti

Kmitočtový rozsah: 50 až 15 000 Hz.

Toleranční pole kmitočtové

charakteristiky: obr. 7.

Jmenovitá citlivost: 2,6 mV/Pa.

Charakteristická citlivost (ve volném akustickém poli):

2,5 mV/Pa.

Směrová

charakteristika: obr. 8.

Předozáření poměr: 12 dB.

Nejmenší zatěžovací

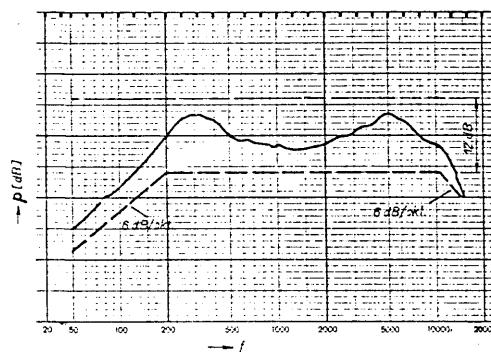
impedance: 6 k $\Omega$ .

Korekce kmitočtové charakteristiky

při 50 Hz (poloha „S“)

přepínače: -10 dB.

Jmenovitý výstupní napětí mikrofonu: 0,75 mV.



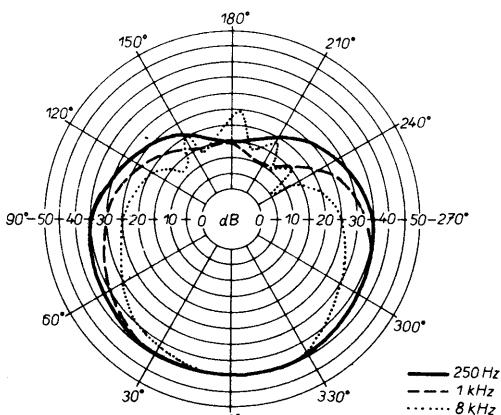
Obr. 7. Toleranční pole a příklad kmitočtové charakteristiky mikrofonu AMD 215M

Pro zachování uvedených technických parametrů doporučuje výrobce mikrofony připojovat do nesymetrických mikrofonních vstupů zesilovače s impedancí minimálně trojnásobně větší než je výstupní impedance mikrofonu. Prodlužovací kabel může mít délku maximálně 10 m.

Tab. 3. Parametry mikrofonů TESLA

Typ	Kmitočtový rozsah [Hz]	Jmenovitá citlivost [mV/Pa]	Vnitřní el. impedance [Ω]	Minimální zatěžovací impedance [Ω]	Směrová charakteristika	Použití
AMD 100L	100 až 12 000	1,0	200	600	kulová	místní rozhlas, ústředny
AMD 203L	80 až 12 000	1,0	200	600	kardioidní	místní rozhlas, magnetofony
AMD 205M	80 až 12 000	3,2	2000	6000	kardioidní	místní rozhlas, magnetofony
AMD 530L	100 až 10 000	0,45	200	600	osmičková	v dopravních prostředcích
AMD 215M	50 až 15 000	2,6	2000	6000	kardioidní	magnetofony, místní rozhlas, hudební soubory
AMD 461N	50 až 15 000	1,2	200	600	kardioidní	hudební soubory, studiová zařízení
AMD 465N	30 až 18 000	1,2	200	600	kardioidní	hudební soubory, studiová zařízení
AMD 470 <sup>1)</sup>	30 až 18 000	1,0	200	600	kardioidní	hudební soubory, studiová zařízení

<sup>1)</sup> dvoupásmový mikrofon

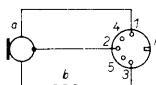


Obr. 8. Směrové charakteristiky mikrofonu AMD 215M

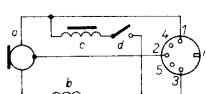
#### AMD 411N a AMD 415N

Dynamické mikrofony AMD 411N a AMD 415N jsou mikrofony s malou impedancí s kardioidní charakteristikou. Jsou dodávány v soupravách pod označením AMD 461 a AMD 465. Soupravy kromě uvedených mikrofonů dále obsahují šňůru, AYM 325, držák, AYM 305 a ochranný kryt, AYM 427.

Výstup mikrofonu je zapojen symetricky (obr. 9 a 10) přes cívku, kompenzující rušivé



Obr. 9. Zapojení mikrofonu AMD 411N

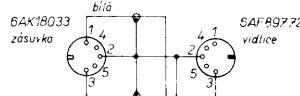


Obr. 10. Zapojení mikrofonu AMD 415N

vlivy vnějších magnetických polí. Mikrofon AMD 415N je vybaven přepínačem, který v poloze „S“ paralelně připojí ke kmitací cívce další cívku, čímž jsou potlačeny nízké kmitočty. Potlačení je -12 dB na kmitočtu 50 Hz.

Mikrofony je možno bez úpravy přivednou šňůru připojit ke všem druhům zesilovacích zařízení, která mají nesymetrický mikrofonní vstup s budicím (živým) přívodem na kolík č. 3 a zemnicím přívodem na kolík č. 2. Zapojení šňůry AYM 325 je na obr. 11.

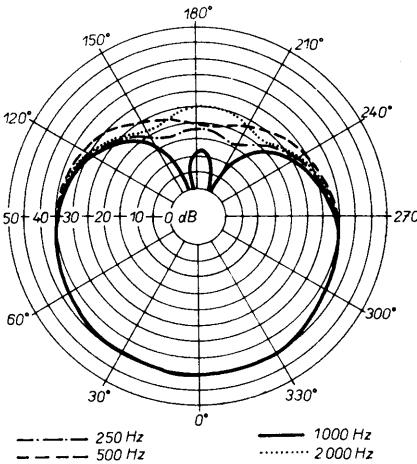
K mikrofonům je možno použít také stolní stojan, který je dodáván samostatně pod



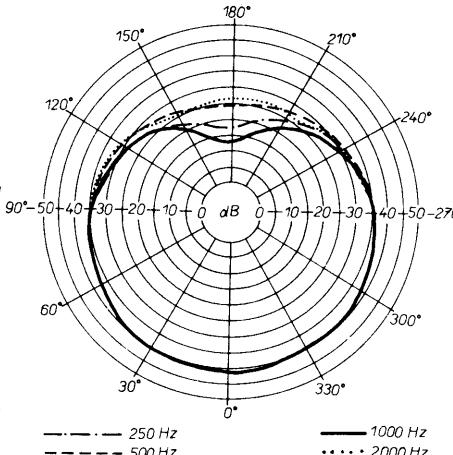
Obr. 11. Zapojení šňůry AYM 325

obchodním označením AYM 460 (není součástí souprav AMD 461 a AMD 465).

Ochranný kryt AYM 427 z pěnového polyuretanu (militanu) omezuje vznik rušivého hluku, který mohou způsobit prudké nárazy proudu vzduchu na membránu mikrofonu (vitr, „dynamické“ souhlásky při velmi hlasitém hovoru nebo zpěvu z minimální vzdálenosti).



Obr. 12. Směrové charakteristiky mikrofonu AMD 411N



Obr. 13. Směrové charakteristiky mikrofonu AMD 415N

#### Technické vlastnosti mikrofonů

##### Kmitočtový rozsah

AMD 411N: 50 Hz až 15 000 Hz.  
AMD 415N: 30 Hz až 18 000 Hz.  
1,2 mV/Pa.

##### Vnitřní elektrická impedance

200 Ω ± 25 %.  
min. 600 Ω.

##### Zatěžovací impedance

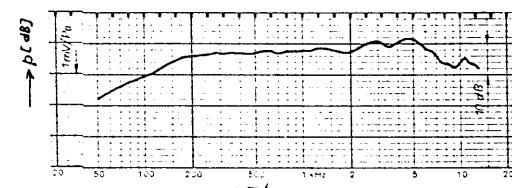
obr. 12 a 13.  
min. 2,5 do 1 kHz.

##### Směrové charakteristiky

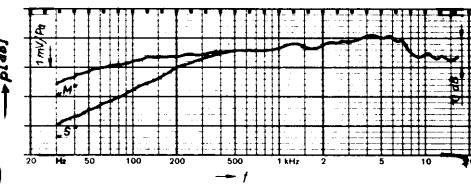
Činitel směrovosti:  
min. 3 nad 1 kHz.

##### Jmenovitý výstupní napětí mikrofonu

0,3 mV.  
Příklady kmitočtových charakteristik mikrofonů AMD 411N a AMD 415N jsou na obr. 14 a 15.



Obr. 14. Kmitočtová charakteristika mikrofonu AMD 411N



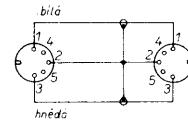
Obr. 15. Kmitočtová charakteristika mikrofonu AMD 415N

#### Použití

Mikrofon AMD 411N je vhodný ke snímání řeči a zpěvu. Pro snímání všech druhů hudebních nástrojů, případně pořizování kvalitních nahrávek je určen mikrofon AMD 415N s přepínačem v poloze „M“. Při snímání řeči a zpěvu doporučujeme přepnout přepínač do polohy „S“.

Dobré směrové vlastnosti a příznivý kmitočtový průběh, které se minimálně liší od udaných typických kmitočtových a směrových charakteristik, umožňují použití současně většího množství těchto mikrofonů při ozvučování hudebních souborů v různých kombinacích.

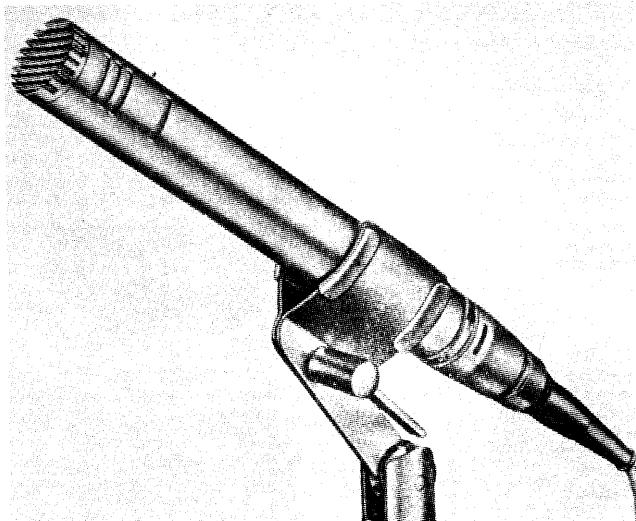
S ohledem na vybavení těch hudebních skupin, které používají zahraniční zesilovací aparaturu a mixážní pulty se symetrickými vstupy, upozorňujeme na přepojení šňůry AYM 325 podle obr. 16.



Obr. 16. Přepojení šňůry AYM 325 na symetrický vstup

Pro snazší orientaci v mikrofonech v obchodní síti upozorňujeme, že k. p. TESLA Valašské Meziříčí inovoval mikrofony AMD 100L, AMD 203L, AMD 205M a AMD 215M, které budou postupně nahrazovány typy AMD 206L a AMD 216N. Obě typy mají řadu podobných a shodných konstrukčních dílů, což přispívá k ekonomičnosti výroby.

Dále byl zaveden do výroby dvoupásmový kardioidní mikrofon AMD 470 (označení soupravy). Tento mikrofon by měl vyhovět



Obr. 17. Mikrofon AKG D224

i požadavkům poloprofesionálního použití. Vyznačuje se širokým kmitočtovým rozsahem, poměrně vyrovnanou kmitočtovou charakteristikou a dobrými směrovými vlastnostmi. Souprava obsahuje kromě mikrofona původní šnůru, držák a ochranný kryt proti větru.

## 2.7 Zahraniční typy mikrofonů

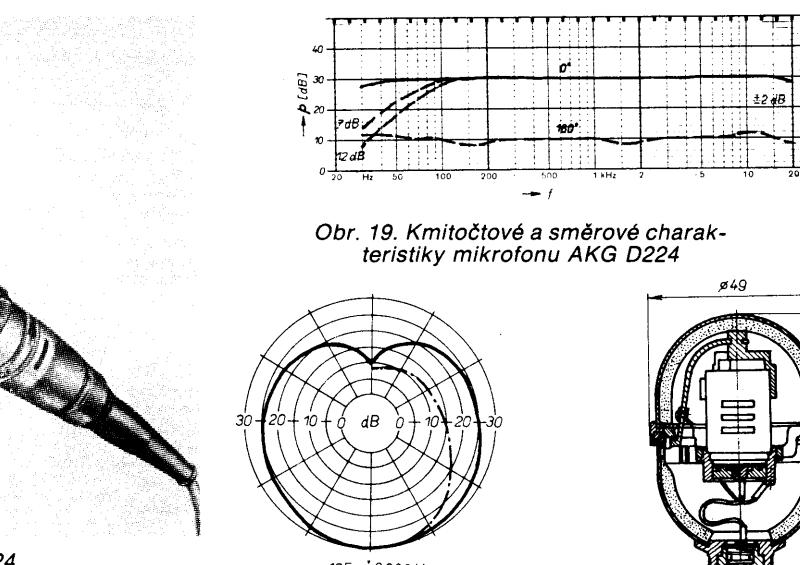
V zahraničí vyrábí mikrofony velký počet firem. Jmenujme alespoň AKG, SHURE, SENNHEISER, ELECTRO-VOICE ... V posledních letech se používají též u všech mikrofonů pouze dva typy elektroakustických měničů – elektrodynamický číkový a elektrostatický (kondenzátorový).

## 2.8 Mikrofony firmy AKG

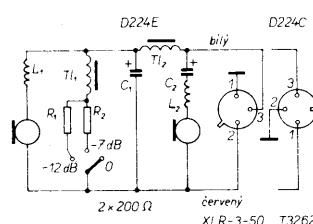
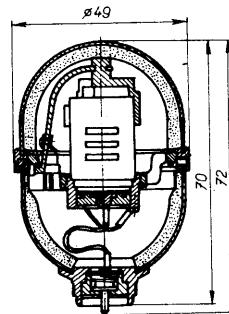
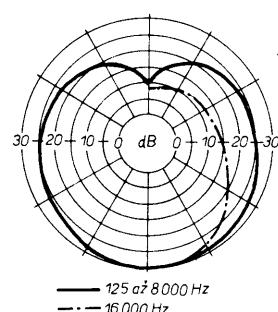
Jedny z nejekvalitnějších mikrofonů vyrábí rakouská firma AKG:

### a) elektrodynamické číkové.

Přehled vyráběných elektrodynamických číkových mikrofonů a jejich parametrů je v tab. 4. Z celkového počtu jedenácti typů



Obr. 19. Kmitočtové a směrové charakteristiky mikrofonu AKG D224



Obr. 18. Schéma zapojení mikrofonu AKG D224

jsme vybrali jednoho zástupce, s nímž se nyní bliže seznámíme.

### D 224

Tento typ mikrofona je sestaven ze dvou elektrodynamických měničů – hloubkového a výškového. Mezi speciální výbavu patří přepinatelný filtr hloubek. Jeho útlum je nastaven na  $-7 \text{ dB}$  nebo  $-12 \text{ dB}$  na kmitočtu 50 Hz. Vzhled mikrofona je na obr. 17. Jak je vidět z obr. 18, typy E a C se liší pouze zapojením a druhem konektoru. Kmitočtové a směrové charakteristiky jsou na obr. 19.

Obr. 20. Konstrukční uspořádání uložení kondenzátorové vložky Ck 5

### b) systém CMS.

Systém CMS je systém skládající se z mikrofonní kondenzátorové vložky (kapsle), předzesilovače a napáječe. Přehled vyráběných vložek a předzesilovačů je v tab. 5. Dále si stručně popíšeme vybranou vložku, předzesilovač a napáječ.

### Mikrofonní vložka Ck 5

Kondenzátorová mikrofonní vložka Ck 5 se vyznačuje stálostí parametrů s velkou provozní spolehlivostí. Konstrukční uspořádání vložky je na obr. 20. Citlivost je na 1 kHz 9,5 mV/Pa. Kapacita vložky 27 pF. Kmitočtová a směrové charakteristiky jsou na obr. 21.

### Předzesilovač C 451 EB

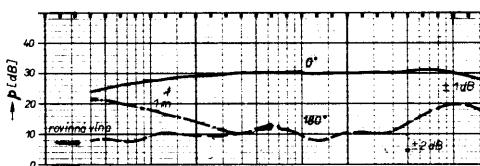
Schéma zapojení tohoto předzesilovače je na obr. 22. Kmitočtový rozsah je 5 až 30 000 Hz  $\pm 0,5 \text{ dB}$ . Impedance  $\leq 20 \Omega$ . Napájecí napětí 9 až 52 V. Šumové efektivní napětí je 3,6  $\mu\text{V}$ . Hmotnost je 360 g, rozměry  $\varnothing 18 \times 140 \text{ mm}$ .

Tab. 4. Elektrodynamické mikrofony AKG

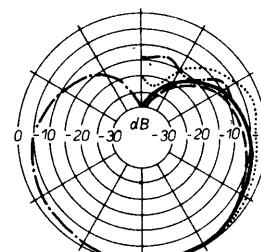
	D 12	D 80	D 125	D 190	D 222	D 224	D 310	D 320	D 321	D 330	D 1200
Směrová charakteristika	kardiodní	kardiodní	kardiodní	kardiodní	kardiodní	kardiodní	hyperkard.	hyperkard.	hyperkard.	hyperkard.	kardiodní
Kmitočtový rozsah [Hz]	40 až 15 000	60 až 15 000	60 až 15 000	30 až 16 000	20 až 18 000	20 až 20 000	60 až 18 000	60 až 18 000	40 až 20 000	50 až 20 000	25 až 17 000
Citlivost/1 kHz [mV/Pa]	2,2	1,35	1,9	1,6	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	2,3
Impedance/1 kHz [ $\Omega$ ]	290	210	210	280	320	260	270	290	300	370	220
Citlivost na brum při 50 Hz [ $\mu\text{V}/\mu\text{T}$ ]	10/5	35/5	3/5	29/5	3/5	3/5	30/5	3/5	3/5	3/5	29/5
Potlačení nízkých kmitočtů [dB]					0, -6, -12 na 50 Hz	0, -7, -12 na 50 Hz		0, -10, -20 na 50 Hz		0, -15, -25 na 100 Hz	0, -14, -16 na 50 Hz
Ochrana proti větru	vestavěná			vestavěná	vestavěná		vestavěná	vestavěná	vestavěná	vestavěná	vestavěná
Zvláštnosti	velký průměr membrány; zdůraznění hloubek na 100 Hz	přepínač zapnuto/vypnuto		typ D190S vybaven přepínačem zapnuto/vypnuto	dvoupásmový systém oddělen výhybkou s dělícím kmitočtem 250 Hz	dvoupásmový systém oddělen výhybkou s dělícím kmitočtem 150 Hz	dvoudílný ochranný koš typ D 310 S má přepínač zap./vyp.	trojdílný ochranný koš	dvoudílný ochranný koš; kompenzace hloubek	systém kompenzace manipulačního hluku	
Rozměry [mm]	55 x 76 x 140	ø 54 x 185	ø 43 x 178	ø 40 x 161	ø 45 x 205	ø 23 x 195	ø 45 x 190	ø 53 x 185	ø 48 x 186	ø 53 x 185	ø 37 x 152
Hmotnost čistá [g]	580	210	225	180	250	280	240	300	330	340	275

Tab. 5. Systém CMS AKG

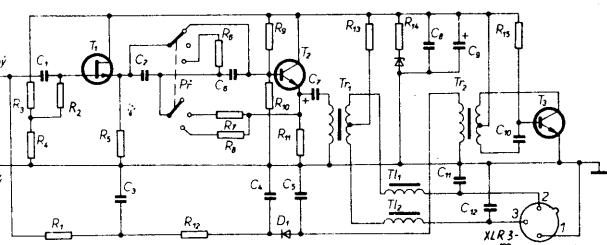
Vložky (kapsle)	Ck 1	Ck 1S	Ck 3	Ck 5	Ck 8	Ck 22
Směrová charakteristika	kardioidní	kardioidní	hyperkardioidní	kardioidní	úzce směrová	kulová
Kmitočtový rozsah [Hz]	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	30 až 18 000	20 až 20 000
Citlivost/1 kHz [mV/Pa]	9,5	9,5	9,5	9,5	15	8
Zvláštnosti		filtr s převýšením 6 dB na 10 kHz				
Teplotní rozsah [°C]	-20 až +60	-20 až +60	-20 až +60	-20 až +60	-20 až +60	-20 až +60
Rozměry [mm]	ø 18 x 22	ø 18 x 22	ø 18 x 22	ø 49 x 72	ø 18 x 215	ø 18 x 34
Hmotnost (čistá) [g]	20	20	20	100	75	40
Předzesilovače	C 451 EB	C 452 EB	C 460 EB			
Kmitočtový rozsah [Hz]	5 až 30 000	5 až 30 000	5 až 30 000			
Zesílení	0,47	0,47	0,47			
Ekvival. hladina šumu [dB]	22	22	17			
Útlumový člen				0; -10 dB		
Potlačení nízkých kmitočtů	0; -7; -20 dB na 50 Hz	0; -7; -20 dB na 50 Hz	12 dB/okt. od 70 nebo 150 Hz			
Max. hladina akustického tlaku	132 dB při 3% zkreslení na 1 kHz	132 dB při 3% zkreslení na 1 kHz	134 dB při 3% zkreslení na 1 kHz			
Napájení [V]	9 až 52	48	9 až 52			
Odběr [mA]	3 až 11	3	1			
Rozměry [mm]	ø 18 x 140	ø 18 x 144	ø 21 x 150			



Obr. 21. Kmitočtová a směrová charakteristiky kondenzátorové vložky Ck 5



— 125 až 1000 Hz  
— 2000 Hz  
— 4000 Hz  
— 8 000 Hz  
— 16 000 Hz



Obr. 22. Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače C 451 EB

c) kondenzátorové.

U těchto typů mikrofonů tvoří oproti předchozímu systému CMS mikrofonní vložka a předzesilovač jeden celek. Parametry vyráběných typů kondenzátorových mikrofonů AKG jsou v tab. 6.

Doporučené použití jednotlivých typů mikrofonů AKG pro snímání řeči, zpěvu a jednotlivých hudebních nástrojů je v tab. 7.

## 2. 9 Mikrofony firmy SHURE

Velmi kvalitní a také poměrně rozšířené a používané mikrofony vyrábí severoamerická firma Shure. Technické parametry vyráběných mikrofonů včetně doporučeného použití pro snímání signálu, zpěvu a hudebních nástrojů jsou v tab. 8. Ze všech uvedených typů je pouze SM 81 kondenzátorový, ostatní jsou elektrodynamické cívkové mikrofony. V technickém popisu mikrofonů výrobce upozorňuje u typů SM 57 a SM 58 na zvětšenou odolnost proti zpětné vazbě.

## 2. 10 Měřicí mikrofon – návrh, konstrukce

Při stavbě několikapásmových reproduktových soustav vzniká, vzhledem k nutnosti fázovat reproduktory, potřeba kontrolovat kmitočtový průběh hladiny akustického tlaku soustavy. Je to především proto, že při

Tab. 6. Kondenzátorové mikrofony AKG

	C 414 EB	C 414 EB-P48	C 535 EB	C 460 comb. ULS/61	C 567 E	C 568 EB
Směrová charakteristika	kardioidní, hyperkardioidní, kulová, osmičková		kardioidní	kardioidní	kulová	úzce směrová
Kmitočtová charakteristika [Hz]	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000
Citlivost [mV/Pa]	6	9	9	8	6	8
Impedance [ $\Omega$ ]	150	200	200	120	200	200
Ekv. hladina šumu [dB]	20	18	21	17	25	20
Útlumový člen	-10; -20 dB	-14 dB	-10 dB			
Potlačení nízkých kmitočtů	12 dB/okt. od kmitočtu 70 nebo 150 Hz	6 dB/okt. od 500 Hz nebo 12 dB/okt. od 100 Hz	12 dB/okt. od 70 nebo 150 Hz		-15 dB na 50 Hz	
Max. hladina akustického tlaku [dB]	131	139	132	138	132	128
Napájení [V]	9 až 52	48	9 až 52	9 až 52	9 až 52	9 až 52
Odběr [mA]	při 12 V $\leq$ 5,5 při 48 V $\leq$ 3	$\leq$ 1	$\leq$ 1	1	$\leq$ 1	1
Rozměry [mm]	141 x 45 x 35	ø 45 x 183	ø 21 x 173	ø 14 x 24	ø 21 x 255	
Hmotnost (čistá) [g]	360	300	140	100	175	

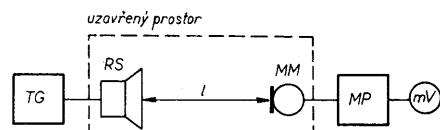
Tab. 7. Doporučené použití mikrofonů AKG

Zdroj signálu Mikrofon	D 12	D 80	D 125	D 190	D 222	D 224	D 310	D 320	D 321	D 330	D 1200	C 414 EB	C 414 EB-P48	C 535 EB	C 460B comb. ULS/61	C 567 E	C 568 EB
řeč		X		X													
slovový a sborový zpěv	X					X	X	X	X					X			
el. kytara		X										X					
akust. kytara				X							X					X	
steel kytara						X	X	X									X
basová kytara	X			X							X						
housle				X						X						X	
violoncello					X					X						X	
kontrabas	X			X													
pianino			X	X										X	X		
klavír			X	X										X	X		
flétna					X	X	X	X								X	
citera		X														X	
akordeon			X								X						
harmonika					X	X	X	X									
trubka			X								X						
lesní roh	X										X						
trombon	X										X						
tuba	X										X						
saxofon					X	X	X	X	X							X	
klarinet		X									X						
vibrafon				X											X		
xylofon																	
bonga		X				X											
činely					X									X			
velký buben ("šlapák")	X	X															
malý buben		X									X						
Tom-Tom ("přechodák")			X				X										
Tom-Tom ("kotel")			X								X						
Hi-Hat				X										X			

výpočtu výhybek se dopouštíme určité nepřesnosti, neboť reproduktory považujeme za zátež s reálnou impedancí. Ve skutečnosti mají však reproduktory komplexní impedanci a fázový posuv mezi reálnou a imaginární částí impedance spolu s fázovou charakteristikou použité elektrické výhybky se pak uplatňuje na celkové fázové charakteristice soustavy. Dále má na výslednou kmitočtovou charakteristiku vliv i rozdílností reproduktorů na přední stěně ozvučnice. Jedinou možností, jak zkontrolovat funkci reproduktorové soustavy je změřit její kmitočtovou charakteristiku akustického tlaku. Na první pohled je to v amatérských podmínkách téměř nemožné. Nemáme obvykle k dispozici ani bezodrazovou komoru, ani měřící mikrofon a předzesilovač. Pokusíme se na vrchní takové měřící zařízení a metody, kterými získáme kmitočtový průběh akustického tlaku naší soustavy v běžném uzavřeném nebo v volném prostoru a odhalíme hrubé závady vzniklé např. špatným fázováním, nevhodnou volbou dělících kmitočtů apod.

**Postup měření:** V první fázi plynule pomalým projížděním tónovým generátorem celé akustické pásmo kmitočtů. Pozorováme změny (díry nebo převýšení), zaznamenáme si, na kterých kmitočtech se nalézaly. V druhé fázi měříme tak, že postupně měníme kmitočet po kmitočtu na generátoru a na něj milivoltmetrem čteme napětí. Oblast změn proměříme s jemnějším krokem. Naměřené údaje vyneseme do grafu a tak získáme relativní kmitočtový průběh akustického tlaku měřeného reproduktorové soustavy.

Kmitočtovou charakteristiku soustavy v oblasti nízkých kmitočtů získáme měřením v blízkém akustickém poli, tzn., že mikrofon umístíme ve vzdálenosti 5 až 20 cm od membrány hlubokotónového reproduktoru. Správné výsledky měření dostaneme až do

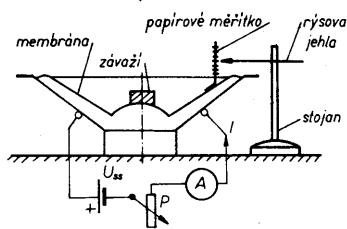


Obr. 23. Blokové schéma pracoviště pro měření kmitočtových charakteristik reproduktorových soustav

kmitočtu  $f_k$ , když je délka vlny odpovídající tomuto kmitočtu rovna obvodu membrány hlubokotónového reproduktoru. Celkovou kmitočtovou charakteristiku soustavy měříme v uzavřeném prostoru (klubovna, sál) stanovíme obdobně, ovšem měřící mikrofon umístíme do vzdálenosti podstatně větší než při měření v blízkém poli. Vzdálenost musí být však menší než je dozvuková vzdálenost  $l_d$  daného prostoru (viz tab. 16). Ve volném prostranství na vzdálenosti, v níž měříme, nezáleží. Doporučujeme však měřit ve vzdálenosti od 0,5 do 2 m podle velikosti soustavy.

Požadovali-li bychom absolutní hodnoty naměřeného akustického tlaku, museli bychom mikrofon ocejchovat (v amatérských podmínkách např. jednoduchou měřicí metodou, stanovenou dr. Boleslavem).

V první fázi určíme součin  $Bl$  hlubokotónového reproduktoru (ARN 5604/5608, ARN 6604/6608), který budeme potřebovat pro dané měření. Reproduktor otočíme mem-

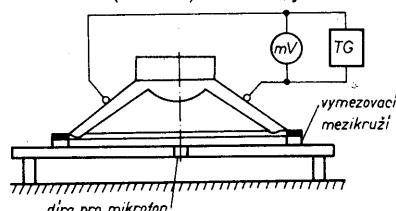
Obr. 24. Statické měření součinu  $Bl$  c reproduktoru

bránou vzhůru a položíme magnetem na stůl. Membránu zatížíme závazím o hmotnosti  $m$ , přičemž známým ss proudem  $i$ , zavedeným do kmitací čívky, průběh membrány způsobený závazím vyrovnáme (obr. 24). Pak součin  $Bl$  stanovíme ze vztahu

$$Bl = \frac{mg}{i} \quad [\text{T.m; kg, m/s}^2, \text{A}],$$

kde  $g = 9,82 \text{ m/s}^2$ .

Ve druhé fázi převýpnieme reproduktor na desku s vymezovacím mezikružím, které zabezpečí, aby při pohybu membrány nenařázel její okraj na tuto desku. Do otvoru v desce zasuneme cejchovaný mikrofon a do reproduktoru přivedeme signál z tónového generátoru o kmitočtu 30 až 150 Hz o napětí  $U$ , jehož velikost stanovíme nf milivoltmetrem (obr. 25). Akustický tlak uvnitř



Obr. 25. Blokové schéma pracoviště pro cejchování mikrofónu

prostoru reproduktoru, zakrytého deskou, je pak

$$p = \frac{Bl}{S} = \frac{BlU}{SR_v} \quad [\text{Pa; T.m, V, m}^2, \text{A}],$$

kde  $R_v$  je ss odpor kmitací čívky reproduktoru a  $S$  efektivní plocha membrány reproduktoru.

Na výstupních svorkách cejchovaného mikrofónu dostaneme výstupní napětí, odpovídající velikosti určeného tlaku. Citlivost

Tab. 8. Mikrofony SHURE

	SM 58	SM 7	SM 11	SM 17	SM 53	SM 57	SM 59	SM 81
Směrová charakteristika	kardioidní	kardioidní	kulová	kulová	kardioidní	kardioidní	kardioidní	kardioidní
Kmitočtový rozsah [Hz]	50 až 15 000	40 až 16 000	50 až 15 000	50 až 15 000	70 až 16 000	40 až 15 000	50 až 15 000	20 až 20 000
Citlivost [mV/Pa]	1,57	1,12	0,55	0,55	0,9	1,57	0,71	6,3
Impedance [Ω]	200 přep. na 50	150	200	200	200	200, přep. na 50	150	150 při zatěžovací impedanci 800
Filtr potlačení nízkých kmitočtů		ano			ano přepínačelný			ano dvoupolohový
Filtr prezens		ano						
Napájení								zdroj PS1E2 nebo baterie 12 až 48 V
Příslušenství	A 61 WS protivětrný filtr v 9 barvách				A53WS protivětrný filtr šedé barvy	A2WS protivětrný filtr šedé barvy	A59WS protivětrný filtr v 6 barvách	
	T3F Cannon konektor s přepínačem				A53G kovový kryt	T3F Cannon konektor s přepínačem	T3F Cannon konektor s přepínačem	
	A55M otřesuvzdorný držák				A53M otřesuvzdorný držák	A55M otřesuvzdorný držák		
					A53P mikrofonní stojan			
Maximální hladina akustického tlaku								135 dB
Rozměry [mm]			ø 14,7 x 38,1	ø 14,7 x 38,1				
Doporučené použití	dechové nástroje zejména žesťové	sólový zpěv velký buben bonga	perkuse	housle violoncello akust. kytara	klavír, koncertní křídlo, bicí, sborový zpěv, kytara, varhany, bas. kytara	sborový a sólový zpěv, bicí, kytara	dechové nástroje, např. saxofon	smyčcové nástroje akust. kytara, komorní orchestr, harfa, perkuse
Poznámka		výhodný pro pop-music		speciální příslušenství na připevnění k uvedeným nástrojům		s krytem A2WS vhodné pro zpěváky rockové hudby		kondenzátorový mikrofon

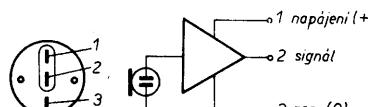
mikrofonu je pak dána poměrem:

$$\eta = \frac{U_x}{p} \quad [\text{mV/Pa}; \text{mV}, \text{Pa}]$$

Nyní si podrobnejší popíšeme měřicí mikrofon (MM) a mikrofonní předzesilovač (MP).

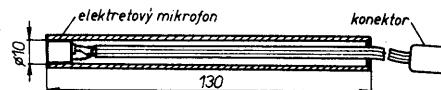
#### Měřicí mikrofon

U profesionálních měřicích mikrofonů se používá výhradně elektrostatický měnič. Vzhledem k tomu, že tzv. kondenzátorový mikrofon není již ve výrobním programu k. p. TESLA Valašské Meziříčí a zahraniční typy jsou velmi drahé, museli jsme se orientovat na jiný typ měniče. Svým velmi vyrovnáným kmitočtovým průběhem a potřebným rozsahem je elektrostatickému měniči blízký měnič elektretový. Shodou okolností se v partičových prodejnách podniku Klenoty a také v prodejně TESLA ELTOS v Martinské ulici v Praze objevily japonské elektretové mikrofony. Jejich cena byla neuvěřitelná – v partičových prodejnách stály 5,- Kčs a v prodejnách TESLA 6,50 Kčs. Po změření několika desítek kusů jsme zjistili, že jejich charakteristiky mají potřebný kmitočtový průběh a navíc byl „jeden jak druhý“. Mikrofony mají průměr 10 mm a jsou dlouhé též 10 mm. Uvnitř je zalisován FET, zapojený jako emitorový sledovač. Zapojení vývodů mikrofonu (EM 60) je na obr. 26. Podle technických podmínek je poměr signál/šum lepší než 40 dB, maximální vstupní signál 120 dB, odber menší než 0,5 mA při napájecím napětí 6 V. Naměřená citlivost byla u všech vzorků kolem 7 mV/Pa (94 dB) na 1 kHz. Z praktic-



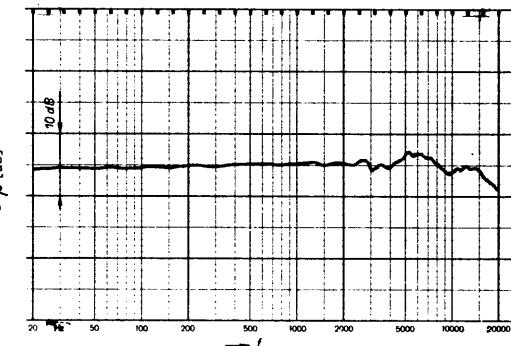
Obr. 26. Zapojení vývodů elektretového mikrofonu EM 60

kého hlediska je nutné upozornit na skutečnost, že mikrofon pracuje spolehlivě již od napájecího napětí 1,5 V. Vzhledem ke svému tvaru a příznivému rozměru nejsou s jeho mechanickými úpravami žádné potíže. Můžeme použít vypsáný značkovač (fix) o světlosti 10 mm, do kterého vložíme a po obvodu připevníme elektretový mikrofon, zapojíme vývody a mikrofon je hotov. V našem případě jsme použili novodurovou trubičku o světlosti 10 mm a délce 130 mm. Jako přívodní kabel se nejlépe osvědčila stíněná dvojlinka, jejíž jeden živý vodič použijeme jako přívod napájecího (polarizačního) napětí a druhý pro přívod signálu. Uspořádání mikrofonu je na obr. 27. Kmitočtová charakteristika tohoto mikrofonu je na obr. 28.



Obr. 27. Konstrukční uspořádání měřicího mikrofonu

Vzhledem k potřebnému většímu zesílení signálu mikrofonu a tím snadnějšímu čtení naměřených údajů byl za mikrofonem použit mikrofonní předzesilovač.



Obr. 28. Kmitočtová charakteristika měřicího mikrofonu

#### Mikrofonní předzesilovač

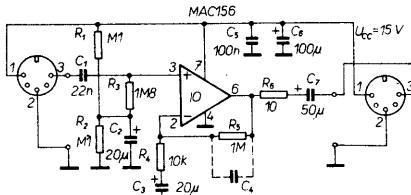
Na mikrofonní předzesilovač jsou kladeny následující požadavky: Dostatečné zesílení, potřebný kmitočtový rozsah (20 až 20 000 Hz), nezávislost parametrů (do jisté míry) na napájecím napětí, dostatečná vstupní impedance. Z velkého množství různých koncepcí se jeví nejvhodnější v našem případě použít operační zesilovač. Uvedené požadavky splňuje z tuzemské součástkové základny řada MAC155, 156, 157. Jde o monolitický operační zesilovač se

vstupními tranzistory J-FET na společném čipu s bipolárními tranzistory s přísnými požadavky na šum a teplotní závislost.

#### Charakteristické údaje OZ MAC156

Napájecí napětí:	$\pm 15$ V.
Napájecí proud:	$\leq 7$ mA.
Napětové zesílení (otevřená smyčka):	$\geq 25$ 000.
Vstupní odpor:	$10^{12}$ $\Omega$ .
Vstupní kapacita:	3 pF.
Mezní průchází kmitočet ( $A_u = 1$ ):	5 MHz.
Vstupní šumové napětí ( $R_s = 100$ $\Omega$ , $f = 1$ kHz):	12 nV/Hz.

Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače s použitím MAC156 je na obr. 29. Kmitočtový rozsah předzesilovače je 20 až 20 000 Hz. Požadujeme-li nižší horní mezní kmitočet, zapojíme paralelně k rezistoru  $R_5$  kondenzátor  $C_4$  takové kapacity, abychom dosáhli požadovaného kmitočtu (např. pro 6 kHz  $C_4 = 22$  pF). Dolní mezní kmitočet lze omezit volbou kapacity kondenzátoru  $C_1$  a kondenzátoru  $C_3$ . Zesílení předzesilovače



Obr. 29. Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače

je nastaveno poměrem odporů  $R_5$  a  $R_4$  na  $A_u = 100$ . Vstupní impedance je větší než  $1 \text{ M}\Omega$ .

Deska s plošnými spoji a rozložení součástek je na obr. 30.

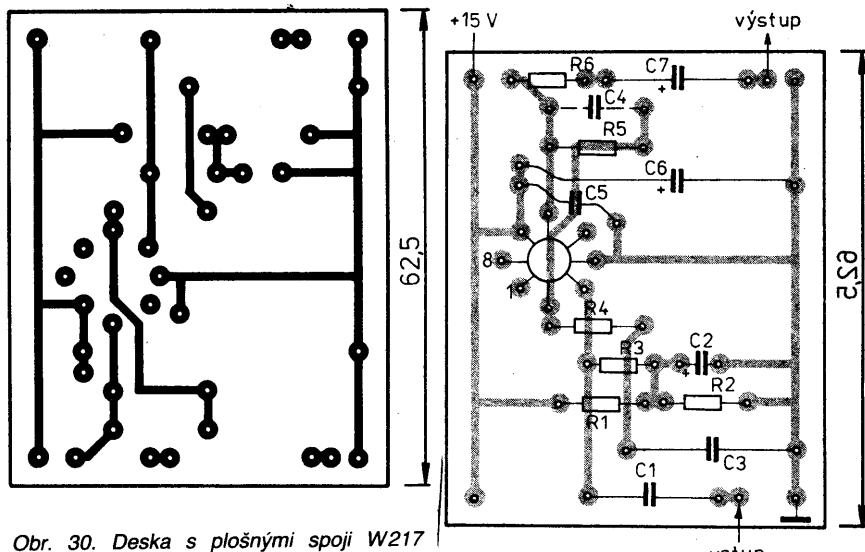
Konstrukčně je předzesilovač řešen tak, že osazena deska s plošnými spoji je vestavěna do kuptrexitové krabičky s rozměry  $60 \times 40 \times 70$  mm. Na dvou protilehlých stěnách jsou přišroubovány pětikolíkové konektory (vstup a výstup). Jak je patrné ze schématu zapojení, je napájecí napětí  $+15$  V přiváděno na kolík č. 1 a je propojeno na stejný kolík vstupního konektoru, přes který je přiváděno jako polarizační (napájecí) napětí pro elektretový mikrofon.

#### Použité součástky

Integrovaný obvod	MAC155, 156, 157
IO	MAC155, 156, 157
Rezistory (TR 191, 212, 213)	
$R_1, R_2$	100 k $\Omega$
$R_3$	1,8 M $\Omega$
$R_4$	10 k $\Omega$
$R_5$	1 M $\Omega$
$R_6$	10 $\Omega$
Kondenzátory	
$C_1$	22 nF, TC 235
$C_2, C_3$	20 $\mu$ F, TE 984
$C_4$	viz text
$C_5$	100 nF, TK 782
$C_6$	100 $\mu$ F, TE 984
$C_7$	50 $\mu$ F, TE 984

#### 3. Sluchátka

Sluchátka se stala nepostradatelným pomocníkem nejen zvukových techniků v hudebních souborech, ale také jednotlivých hudebníků. Během produkce slouží jednak ke kontrole zvukového signálu přicházejícího do směšovacích pultů, dále k vyhledávání zvukových snímků zaznamenaných na magnetofonu. Rozšířilo se jejich používání při



Obr. 30. Deska s plošnými spoji W217 a rozložení součástek mikrofonního předzesilovače

zkouškách hudebních skupin, kdy při nastudivání obtížných partií je možné do sluchátek pustit z magnetofonu opakováně bud' originální nahrávku, nebo nahraný zvuk ostatních nástrojů.

Vzhledem k tomu, že v uvedených případech jsou sluchátka provozována při zvýšených hladinách okolního zvuku (hluku), je jedním z nejdůležitějších parametrů při výběru vhodných sluchátek útlumu vůči vnějšímu hluku (uzavřená sluchátka s velkými náušníky).

#### 3.1 Technické parametry

V technické dokumentaci dodávané ke sluchátkům mají být podle doporučení IEC uváděny tyto údaje:

- Kmitočtový rozsah v definovaném pásmu akustického tlaku, např. v pásmu 10 nebo 12 dB. Šířku pásmá je nutné u údaje rozsahu uvést.
- Charakteristická citlivost – podíl elektrického příkonu a akustického tlaku měřeného na membráně měřicího mikrofonu umělého ucha (obvykle v dB/1 mW).
- Rozdíl jmenovité citlivosti obou sluchátek – tento údaj se uvádí zpravidla v kmitočtovém rozsahu 100 až 5000 Hz.
- Elektrická impedance – údaj o rozmezí, v němž se impedance mění. U piezoelektrických sluchátek se uvádí vstupní kapacita.
- Jmenovitá impedance.
- Jmenovité napětí – napětí nutné pro vytvoření akustického tlaku 94 dB při kmitočtu 400 Hz na vstupu umělého ucha.
- Jmenovitý příkon – podíl čtverce jmenovitého napětí a jmenovité impedance. Uzává se v mW.
- Maximální napětí a příkon – napětí a příkon, které sluchátko snese při krátkodobém zatížení po dobu 3 s.
- Cíniel harmonického zkreslení [%].
- Útlum sluchátku vůči vnějšímu hluku. Uzává se v dB pro oblasti 40 až 60, 100 až 200, 1000 až 2000 a 5000 až 10 000 Hz nebo v celém pásmu při použití výhového filtru A, někdy též jako střední hodnota z údajů pro kmitočty 1 kHz a 10 kHz.
- Druh použitého elektroakustického měniče (elektrodyynamický, orthodynamický, piezoelektrický, elektrostatický).
- Blokové schéma – zapojení měničů, ovládajících prvků a konektorů, uspořádání napáječů a zdrojů polarizačních napětí, zapojení konektoru apod.
- Způsob navázání na ucho – informace, zda se jedná o sluchátko otevřená, polo-

otevřená, uzavřená nebo sluchátka s prodyšným náušníkem.

- Síla pro přitlačení sluchátek (N).
- Objem náušníků – u uzavřených sluchátek.
- Celková hmotnost sluchátek a odděleně hmotnost příslušenství.
- Délka připojného kabelu a typ konektoru.

#### 3.2 Měření útlumu sluchátku vůči vnějšímu hluku

Jak jsme se již zmínili v úvodu, je pro výběr sluchátek používaných v hudebních souborech z hlediska vysoké hladiny okolního hluku důležitý jejich útlum vůči tomuto hluku.

Seznámíme se proto s tím, jak tento parametr u sluchátek určíme.

V postupném akustickém poli v bezdvojkové komoře (uzavřeném prostoru) umístíme sluchátko přiložené okrajem náušníku k pomocné desce, která svým otvorem navazuje na vstup umělého ucha. Do měřicí reproduktorové soustavy přivedeme signál z generátoru a stanovíme kmitočtový průběh akustického tlaku měřeného na membráně umělého ucha. Měřicí mikrofon slouží k udržování konstantního akustického tlaku po stupném akustickém pole. Signál z tohoto mikrofona se přivádí na vstup kompresoru, jehož výstupní napětí (a tím výstupní napětí generátoru) mění svou velikost v závislosti na velikosti akustického tlaku před měřicí reproduktorovou soustavou. Rozdíl hladin akustických tlaků vně a uvnitř náušníku udává velikost útlumu sluchátku. Základní uspořádání při uvedeném měření je na obr. 31.

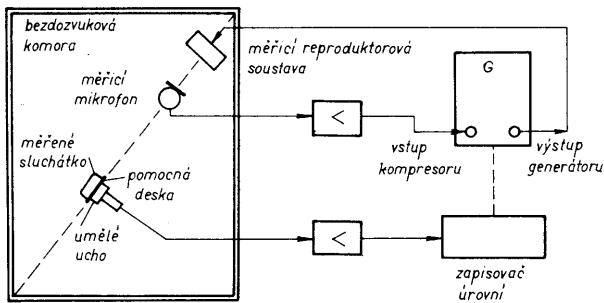
#### 3.3 Tuzemské typy sluchátek

Z hlediska co největšího útlumu vůči vnějšímu hluku lze z domácí produkce vybrat následující typy uzavřených sluchátek: Sluchátka S2 vyráběná Kovopodnikem Brno a z produkce k. p. TESLA Valašské Meziříčí typy ARF 300 a ARF 310.

#### Sluchátka S2

Sluchátka se skládají z dvojice elektrodyynamických reproduktorů, umístěných v oválných kovových mušlích. Mušle jsou upevněny držáky k posuvným jezdům náhlavního třmene. Konstrukce třmene a držáku umožňuje nastavit rozměry, jež vyhovují uživateli sluchátek. Třmen je měkký a měkkým opatřením je zároveň chráněn. Mušle jsou opatřeny výhovou filtru A, někdy též jako střední hodnota z údajů pro kmitočty 1 kHz a 10 kHz.

Součástí náušníků jsou molitanové „ovály“, vložené do prostoru uprostřed náušníků.



Obr. 31. Uspořádání pracoviště pro měření útlumu sluchátku vůči vnějšímu hluku

Sluchátka jsou vybavena přípojnou čtyřpramennou, šroubovickově stočenou šňůrou, zakončenou normalizovanou pětipólovou vidlicí.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá vstupní impedance:  $2 \times 16 \Omega$ .  
Citlivost:  $90 \text{ dB}/0,3 \text{ V}$  při  $1 \text{ kHz}$ .

Napětí pro vytvoření hladiny akustického tlaku  $100 \text{ dB}$ :  $0,5 \text{ V}$ .  
Kmitočtový rozsah:  $20 \text{ až } 15000 \text{ Hz}$  v pásmu  $22 \text{ dB}$ ,  $30 \text{ až } 10000 \text{ Hz}$  v pásmu  $17 \text{ dB}$ .

Délka přívodní šňůry (v rozvinutém stavu): asi  $5 \text{ m}$ .  
Hmotnost:  $600 \text{ g}$ .

Příklad naměřené kmitočtové charakteristiky sluchátek S2 je na obr. 32.

**Sluchátka ARF 300**  
jsou dalším typem sluchátek s velkým objemem náušníků.

#### Technické údaje

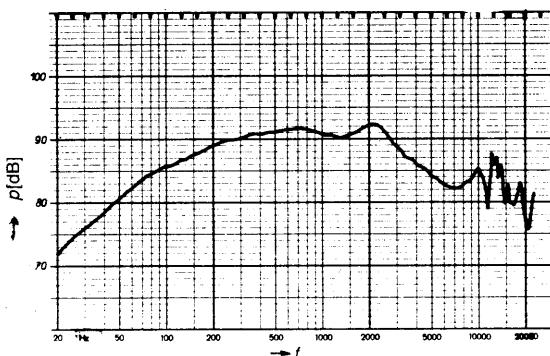
Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá vstupní impedance:  $2 \times 200 \Omega$ .  
Citlivost:  $95 \text{ dB}/mW/1$  sluchátko.

Maximální příkon:  $10 \text{ mW}/1$  sluchátko.  
Mezní akustický tlak:  $125 \text{ dB}$ .  
Kmitočtový rozsah:  $20 \text{ až } 20000 \text{ Hz}$ .  
Délka přívodní šňůry:  $5 \text{ m}$ .

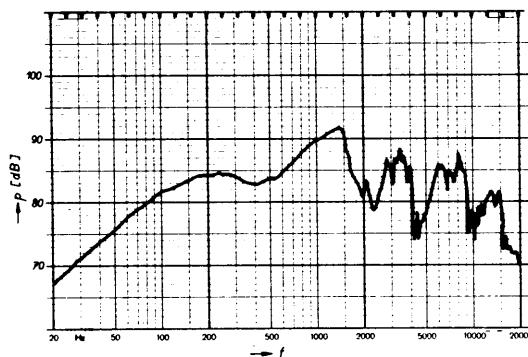
Naměřená kmitočtová charakteristika jednoho systému sluchátek ARF 300 je na obr. 33.

#### Sluchátka ARF 310

Sluchátka s velkým objemem náušníků jsou tvořena dvěma mušlemi z plastické hmoty ABS, v nichž jsou umístěny elektroakustické měniče. Mušle jsou opatřeny měkkými náušníky a jsou kloubově spojeny s náhlavním obloukem, na němž je upevněn třmen, který lze po náhlavním oblouku posouvat a tím přizpůsobovat jeho výšku a tvar velikosti hlavy uživatele.



Obr. 33. Kmitočtová charakteristika sluchátek ARF 300



Obr. 32. Kmitočtová charakteristika sluchátek S2

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá vstupní impedance:  $2 \times 200 \Omega$ .  
Citlivost:  $92 \text{ dB}/1 \text{ mW}$ .  
Špičkový hudební příkon:  $30 \text{ mW}$ .  
Kmitočtový rozsah:  $20 \text{ až } 20000 \text{ Hz}$ .  
Zkreslení:  $\text{max. } 1\%/1 \text{ mW}/1 \text{ kHz}$ .  
Hmotnost (včetně přívodní šňůry):  $350 \text{ g}$ .

Příklad kmitočtové charakteristiky sluchátek ARF 310 je na obr. 34.

#### 3.4 Zahraniční typy sluchátek

Z produkce sluchátek zahraničních firem jsme vybrali typy vhodné pro uvedené použití, to je takové, které mají vyhovující kmitočtový rozsah a především co největší útlum vůči vnějšímu hluku.

#### AGK K 340

AGK K 340 jsou sluchátko s velkým objemem náušníků. Zajímavostí je, že jsou dvoupásmová. Hlubokotónová část využívá dynamického elektroakustického měniče a vysokeotonová elektrostatického. Použití elektrostatického měniče má výhodu ve snadném splnění kmitočtového rozsahu do  $20 \text{ kHz}$ . Na druhé straně elektrostatický měnič snese mnohem menší zatížení než elektrodynamický. Na kmitočtu  $5 \text{ kHz}$  je maximální hladina tlaku jen  $85 \text{ dB}$ .

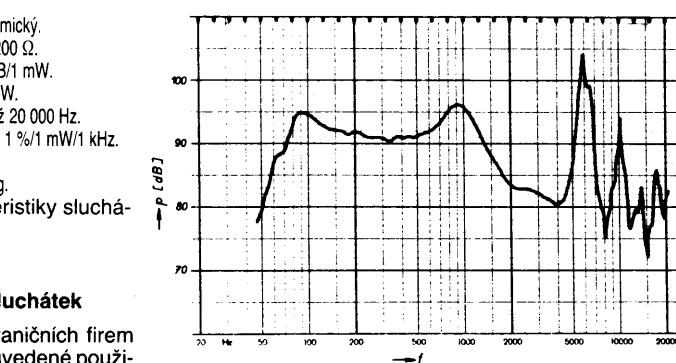
#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický a elektrostatický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz):  $355 \Omega$ .  
Citlivost:  $94 \text{ dB}/0,54 \text{ V}$ .  
Maximální akustický tlak

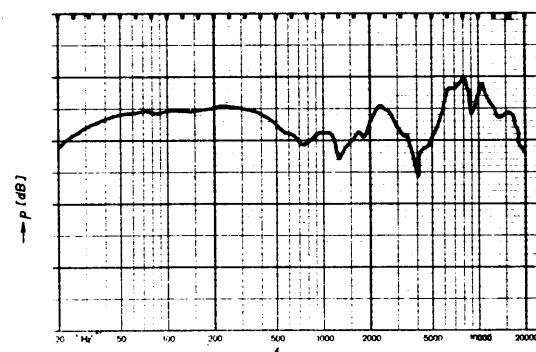
100 Hz:	108 dB
1 kHz:	110 dB
5 kHz:	85 dB

Kmitočtový rozsah:  $20 \text{ až } 20000 \text{ Hz}$ .  
Přítláčná síla:  $5 \text{ N}$ .  
Hmotnost:  $420 \text{ g}$ .  
Útlum vůči vnějšímu hluku:  $22 \text{ dB}$  (stř. hodnota z 1 kHz a 10 kHz).

Naměřená kmitočtová charakteristika sluchátek AGK K 340 je na obr. 35.



Obr. 34. Kmitočtová charakteristika sluchátek ARF 310



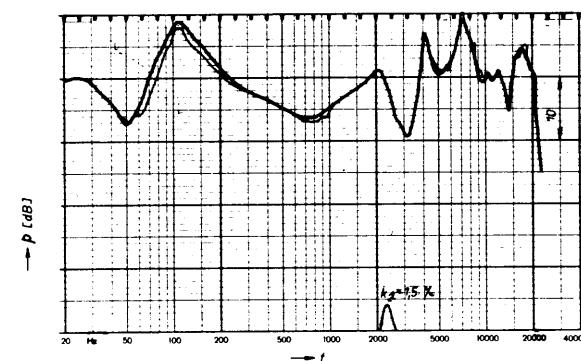
Obr. 35. Kmitočtová charakteristika sluchátek AKG K 340

#### Sennheiser HD 224 X

Uzavřená sluchátka s větším objemem náušníků.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz):  $220 \Omega$ .  
Citlivost:  $88,5 \text{ dB}/1 \text{ mW}$ .  
Kmitočtový rozsah:  $20 \text{ až } 20000 \text{ Hz}$ .  
Přítláčná síla:  $6,5 \text{ N}$ .



Obr. 36. HD 224X

Hmotnost: 170 g.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 20 dB (A).  
Příklad kmitočtové charakteristiky sluchátek Sennheiser HD 224 X je na obr. 36.

**KOSS Pro 4 AAA**  
Uzavřená sluchátka s velkým objemem náušníků.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz): 260 Ω.  
Citlivost: 92,5 dB/1 mW.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Přítlačná síla: 7,7 N.  
Hmotnost: 480 g.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 18 dB (A).

Příklad kmitočtové charakteristiky sluchátek KOSS 4 AAA je na obr. 37.

#### Beyer DT 660 MK II

Uzavřená sluchátka s velkým objemem náušníků.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz): 600 Ω.  
Citlivost: 93 dB/1 mW.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Max. hladina akustického tlaku: 111 dB.  
Hmotnost: 280 g.  
Délka pívodní šňůry: 3,5 m.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 15 dB (A).

Jako sluchátka s větším útlumem vůči vnějšímu hluku je možné použít i např. typy KOSS K/6X (10 dB), KOSS Technician/VFR (13 dB), Pioneer SE-550 (13 dB), Beyer DT 660 (15 dB), KOSS Pro/4X (13 dB) ...

## 4. Reproduktory

Rozvoj elektroakustiky se prosadil i do oblasti technického zázemí hudebních souborů. Původní potřeba zesílit hlas interpreta se rozrostla na potřebu zesílit zvuk každého hudebního nástroje. Vzhledem ke spektrálnímu složení zvuku používaných hudebních nástrojů (40 Hz až 16 kHz) to vyžaduje mít k dispozici vhodné hlubokotónové, středotónové a vysokotónové reproduktory, neboť s jediným reproduktorem nemůžeme obsáhnout celý potřebný rozsah kmitočtů. Požadavky na reproduktory určené pro hudební soubory se odlišují od reproduktoriů univer-

zálního použití především ve své robustnější konstrukci, v maximálním příkonu a v co největší energetické účinnosti, neboť „každý decibel“ citlivosti zvětšuje výsledný akustický tlak při stejném výkonu zesilovače.

### 4. 1 Tuzemské reproduktory

Monopolní výrobce reproduktorů v ČSSR, k. p. TESLA Valašské Meziříčí, vyrábí pro hudební soubory reproduktory ARM 9304 (ARM 9308) a ARO 9308 (ARO 9315). Parametry těchto reproduktorů jsou přehledně v tab. 9. Údaje inovovaných reproduktorů s označením ARM 9408 a ARO 9408 jsou v tab. 10. Od předchozích typů se liší především větší zatížitelností a z konstrukčního hlediska provedením membrány a jejího okraje. V podstatě jde o dva typy reproduktorů s impedancí 4 a 8 Ω nebo u druhého typu 8 a 15 Ω. Vzhledem ke kmitočtovým rozsahům uvedených reproduktorů jde o hlubokotónové reproduktory. Vhodný středotónový reproduktor není doposud vyráběn a použití ARV 161 nebo ARV 168 jako vysokotónových reproduktorů s příkonem 5 W považujeme opravdu za nouzové řešení a to i při aplikaci většího počtu těchto reproduktorů.

### 4. 2 Zahraniční reproduktory

V zahraničí se výrobou reproduktorů zabývá poměrně velký počet firem, které zpravidla dodávají veškerý sortiment reproduktorů pro hudební soubory. V technických popisech nebývají reproduktory rozdělovány, jak je běžné u reproduktorů pro spotřební elektroniku, na hlubokotónové, středotónové a vysokotónové, ale podle určení. Například tedy pro basovou kytaru, varhany, kytarový box (combo) nebo reproduktory vhodné pro použití do reproduktoričkových soustav na diskotékách atd.

Jako příklady reproduktorů vyráběných

v zahraničí uvedeme výrobky firem CELESTION, FANE a McKENZIE.

### 4. 3 Reproduktory CELESTION

Výrobní sortiment reproduktorů firmy CELESTION zahrnuje všechny typy reproduktorů pro použití v reproduktoričkových systémech hudebních souborů a ozvučování diskoték. Jedná se o typy vhodné pro jednotlivé hudební nástroje (slovová kytara, basová kytara, varhany ...) nebo pro systém P.A. (modulární systém centrálního ozvučení) a reproduktoričkové soustavy pro ozvučování diskoték.

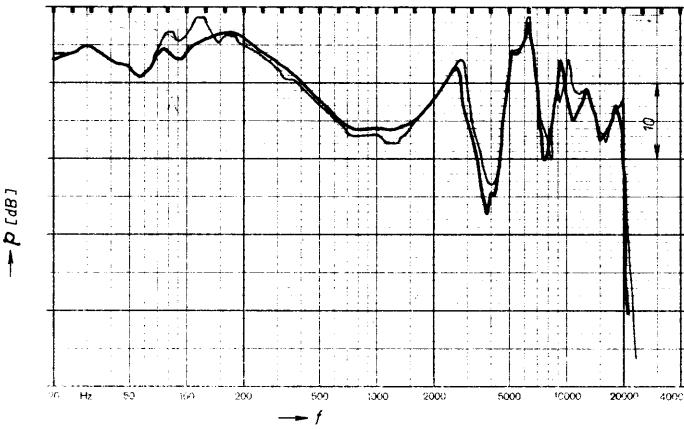
Reproduktoři se vyrábějí o jmenovité impedanci 8 a 16 Ω. Výkonová zatížitelnost se pohybuje od 25 do 400 W. Konstanty reproduktorů pro oblast nízkých a středních kmitočtů, sloužící pro návrh ozvučníků (uzavřená, bassreflexová) uvádíme kromě dalších údajů v tab. 11. Postup návrhu ozvučníků byl podrobně popsán v AR B2/84 a 6/86. U označování typů reproduktorů se objevují zkratky PE, CE, TC a RE. Určují druh uchycení membrány ke koši reproduktoru. PE je membrána s papírovým okrajem, CE je membrána s tkaninovým okrajem, TC je s pomocnou vysokotónovou membránou a tkaninovým okrajem a RE je membrána s průvým okrajem.

V tab. 12 jsou parametry novější řady reproduktorů pro oblast nízkých a středních kmitočtů.

Pro oblast středních kmitočtů jsou určeny reproduktory DCR 50 a DCR 100.

Pro zvětšení citlivosti reproduktorů DCR 50 a DCR 100 a rozšíření využávacích úhlů nabízí firma CELESTION k uvedeným reproduktoričkovým zvukovodům RH 500. Využávací úhel vertikální má 45° a horizontální 80°. Rozměry jsou 485 × 195 × 326 mm.

Pro oblast vysokých kmitočtů jsou určeny



Obr. 37. Kmitočtová charakteristika sluchátek Koss Pro 4AAA

Tab. 9. Údaje reproduktorů TESLA pro hudební soubory

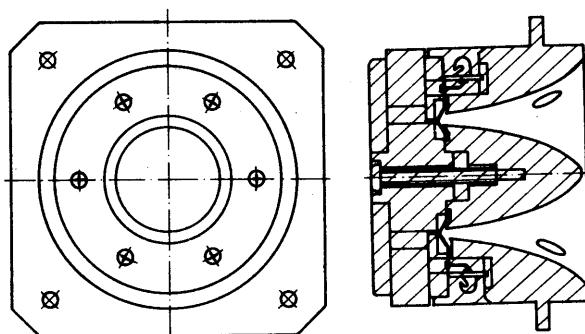
Typ reproduktoru	ARM 9304	ARM 9308	ARO 9308	ARO 9315
Jmenovitá impedance $Z_1$ [Ω]	4	8	8	15
Max. standardní příkon $P$ [W]	50	50	50	50
Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	46	47	34	35
Celkový činitel jakosti $Q_c$	0,245	0,26	0,21	0,22
Ekvivalentní objem $V_{ekv}$ [dm³]	185	185	345	345
Citlivost $\eta$ [dB/1VA/m]	100	100	100	100
Poddajnost kmitacího systému $c_{ms}$ [m·N⁻¹]	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Hmotnost kmitacího systému $m_{ms}$ [kg]	0,048	0,045	0,073	0,069
Silový činitel $B$ [T·m]	13,4	17,7	10,4	18
Efektivní plocha membrány $S$ [mm²]	0,086	0,086	0,086	0,086
Max. lineární výchylka $y_{max}$ [mm]	± 1,5	± 1,5	± 4	± 4

Tab. 10. Údaje inovovaných reproduktorů TESLA pro hudební soubory

Typ reproduktoru	ARM 9408	ARO 9408
Jmenovitá impedance $Z_1$ [Ω]	8	8
Max. standardní příkon $P$ [W]	150	100
Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	37	45
Celkový činitel jakosti $Q_c$	0,16	0,27
Ekvivalentní objem $V_{ekv}$ [dm³]	266	226
Citlivost $\eta$ [dB/1VA/m]	100	100
Poddajnost kmitacího systému $c_{ms}$ [m·N⁻¹]	$0,245 \cdot 10^{-3}$	$0,208 \cdot 10^{-3}$
Hmotnost kmitacího systému $m_{ms}$ [kg]	0,075	0,059
Silový činitel $B$ [T·m]	28,13	21,3
Efektivní plocha membrány $S$ [m²]	0,081	0,081
Max. lineární výchylka $y_{max}$ [mm]	± 2	± 4,5

Tab. 11. Údaje reproduktorů Celestion pro oblast nízkých a středních kmitočtů

Typ	Jmenovitá impedance $Z_1$ [Ω]	Jmenovitý příkon $P_1$ [W]	Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	Celkový činitel jakosti $Q_c$	Ekvivalentní objem $V_{ekv}$ [dm³]	Citlivost $\eta$ [dB/ √VA/m]	Poddajnost kmitacího systému $c_{MS}$ [m·N⁻¹]	Hmotnost kmitacího systému $m_{MS}$ [kg]	Silový činitel $B_l$ [T·m]	Aktivní průměr membrány $D$ [mm]
G8-25 PE	8 nebo 16	25	65	0,46	26	89	$3,5 \cdot 10^{-4}$	0,023	10	165
G10-50 PE	8 nebo 16	50	98	1,14	34	93	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,015	6,7	215
G10-60 PE	8 nebo 16	60	98	1,27	17	93	$0,9 \cdot 10^{-4}$	0,029	14,4	215
G12-30 PE	8 nebo 16	30	72	1,57	42	88	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,042	8,1	255
G12-50 PE	8 nebo 16	50	77	1,03	39	91	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,041	10,2	255
G12-50 CE	8 nebo 16	50	56	0,50	85	93	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0,037	12,3	255
G12-65 PE	8 nebo 16	65	89	0,93	39	93	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,030	14,7	255
G12-65 CE	8 nebo 16	65	43	0,36	155	94	$4,3 \cdot 10^{-4}$	0,033	12,3	255
G12-80 PE	8 nebo 16	80	86	0,48	42	96	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,030	15,1	255
G12-80 CE	8 nebo 16	80	43	0,34	165	95	$4,1 \cdot 10^{-4}$	0,033	12,7	255
G12-100 PE	8 nebo 16	100	89	0,64	33	94	$0,9 \cdot 10^{-4}$	0,036	14,8	255
G12-100 CE	8 nebo 16	100	41	0,39	122	92	$3,3 \cdot 10^{-4}$	0,045	14,2	255
G12-125 PE	8 nebo 16	125	60	0,31	61	95	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,043	17,8	255
G12-125 CE	8 nebo 16	125	44	0,22	117	95	$3,1 \cdot 10^{-4}$	0,042	17,8	255
G15-75 PE	8 nebo 16	75	49	0,67	150	93	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,064	14,0	320
G15-75 CE	8 nebo 16	75	28	0,38	520	93	$5,5 \cdot 10^{-4}$	0,059	13,5	320
G15-80 CE	8 nebo 16	80	32	0,34	370	94	$3,9 \cdot 10^{-4}$	0,063	16,2	320
G15-100 PE	8 nebo 16	100	55	0,63	100	93	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,077	17,3	320
G15-100 CE	8 nebo 16	100	37	0,39	225	93	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0,076	16,7	320
G15-150 PE	8 nebo 16	150	56	0,47	105	95	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,072	17,9	320
G15-150 CE	8 nebo 16	150	23	0,19	670	95	$7 \cdot 10^{-4}$	0,068	17,9	320
G18-200 PE	8 nebo 16	200	44	0,52	170	93	$0,9 \cdot 10^{-4}$	0,149	23,2	380
G18-200 CE	8 nebo 16	200	18	0,23	1200	93	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0,118	20,4	380
G18-250 PE	8 nebo 16	250	36	0,24	280	96	$1,6 \cdot 10^{-4}$	0,125	28,2	380
G18-250 CE	8 nebo 16	250	19	0,12	1230	97	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,112	27,2	380
P/CEL 12	8 nebo 16	150	57	0,4	62	93	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,046	15,7	255
P/CEL 15	8 nebo 16	250	42	0,26	182	96	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,080	22,5	320



Obr. 38. Uspořádání vysokotónového reproduktoru Celestion HF 50 (HF 50X)

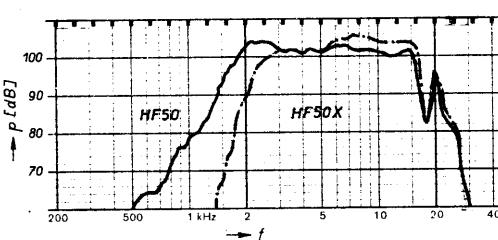
Technické parametry

rakteristiky vysokotónových reproduktorů HF 50 a HF 50X jsou na obr. 39.

Zapojení elektrické výhybky pro vysokotónové reproduktory HF 50 (HF 50X) je na obr. 40.

K uvedeným vysokotónovým reproduktům je možné přepnout akustickou čočku AL 7 o rozměrech 198 × 125 × 22 mm, jejíž horizontální vyzařovací úhel je 65°.

Technické parametry další dvojice vysokotónových reproduktorů RTT 50 a RTT 50X jsou uvedeny dále.



Obr. 39. Kmitočtové charakteristiky vysokotónových reproduktorů Celestion HF 50 a HF 50X

Jmenovitá impedance (Ω):

Kmitočtový rozsah (-12 dB) (kHz):

Zatížitelnost (sinus) (W):

Citlivost (dB/√VA/1 m):

Max. hladina akustického tlaku (dB):

Činitel harm. zkreslení, 2. harm.:

při max. hladině tlaku (%) 3. harm.:

Doporučený dělící kmitočet (kHz):

Strmost el. výhybky (dB/okt.):

Rozměry (mm)

DCR 50	DCR 100
8 nebo 16	8 nebo 16
700 až 8000 Hz	700 až 8000 Hz
50	100
101	103
121	124
10	10
2	2
800	800
12	12
Ø 117 × 85	Ø 117 × 85

HF 50	HF 50X
8 nebo 16	8 nebo 16
2 až 16	3 až 16
50	50
102	104
117	119
6	6
1	1
3	3
18	18
115 × 115 × 75	115 × 115 × 105

Jmenovitá impedance (Ω):

Kmitočtový rozsah (-12 dB) (kHz):

Zatížitelnost (sinus) (W):

Citlivost (dB/√VA/1 m):

Max. hladina akustického tlaku (dB):

Činitel harm. zkreslení, 2. harm.:

při max. hladině tlaku (%) 3. harm.:

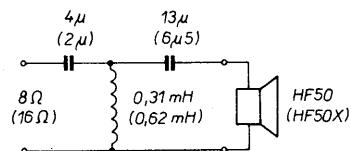
Doporučený dělící kmitočet (kHz):

Strmost el. výhybky (dB/okt.):

Rozměry (mm)

Tab. 12. Údaje novější řady reproduktorů Celestion pro oblast nízkých a středních kmitočtů

Typ reproduktoru	Jmenovitá impedance $Z_1$ [ $\Omega$ ]	Jmenovitý příkon $P_1$ [W]	Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	Kmitočtový rozsah (-12 dB) [Hz]	Citlivost [ $\text{dB}/\sqrt{\text{VA}/\text{m}}$ ]	Max. hladina akustického tlaku $P_{\max}$ [dB]
G5D-25 RE	8 nebo 16	25	55	80 až 15 000	89	101
G8D-25 PE	8 nebo 16	25	95	80 až 9000	91	103
G8L-35 PE	8 nebo 16	35	95	80 až 7500	95	109
G8S-50 PE	8 nebo 16	50	95	80 až 7000	97	112
G10D-25 PE	8 nebo 16	25	95	80 až 8000	93	105
G10L-35 PE	8 nebo 16	35	95	80 až 6500	97	111
G10S-50 PE	8 nebo 16	50	95	80 až 6000	98	113
G10B-100 CE	8 nebo 16	100	45	50 až 7000	96	115
G10B-100 TC	8 nebo 16	100	45	50 až 13 000	94	113
G12S-50 PE	8 nebo 16	50	70	80 až 6000	99	114
G12S-50 TC	8 nebo 16	50	40	60 až 13 000	98	113
G12S-50 CE	8 nebo 16	50	50	70 až 6000	98	113
G12M-70 PE	8 nebo 16	70	75	80 až 6000	100	117
G12M-70 CE	8 nebo 16	70	50	60 až 6000	98	115
G12M-70 TC	8 nebo 16	70	50	60 až 12 000	99	116
G12T-75 PE	8 nebo 16	75	75	80 až 6000	98	115
G12P-75 CE	8 nebo 16	75	45	50 až 6000	97	115
G12K-85 PE	8 nebo 16	85	75	80 až 6000	100	118
G12K-85 CE	8 nebo 16	85	45	50 až 6000	99	117
G12K-85 TC	8 nebo 16	85	45	50 až 12 000	98	116
G12H-100 PE	8 nebo 16	100	75	80 až 6000	101	120
G12H-100 CE	8 nebo 16	100	45	50 až 6000	99	118
G12H-100 TC	8 nebo 16	100	45	50 až 12 000	98	117
S12-150 PE	8 nebo 16	150	80	80 až 6000	103	125
S12-150 CE	8 nebo 16	150	55	65 až 6000	102	125
S12-250 CE	8 nebo 16	250	40	40 až 5000	102	125
VINTAGE PE	8 nebo 16	30	75	80 až 6500	99	116
G15B-100 PE	8 nebo 16	100	55	60 až 6000	97	115
G15B-100 CE	8 nebo 16	100	35	40 až 6000	97	116
G15Z-200 PE	8 nebo 16	200	60	60 až 5000	100	121
G15Z-200 CE	8 nebo 16	200	35	40 až 5000	99	120
G18Z-200 CE	8 nebo 16	200	20	35 až 4000	96	117
G18Q-400 CE	8 nebo 16	400	20	35 až 4000	99	122

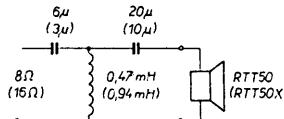


#### Technické parametry

Jmenovitá impedance ( $\Omega$ ):  
Kmitočtový rozsah (-12 dB) (kHz):  
Zatížitelnost (sinus) (W):  
Citlivost ( $\text{dB}/\sqrt{\text{VA}/\text{m}}$ ):  
Max. hladina akustického tlaku (dB):  
Činítel harm. zkreslení, 2. harm.:  
při max. hladině tlaku (%) 3. harm.:  
Doporučený dělicí kmitočet (kHz):  
Strmost el. výhybky (dB/okt.):  
Rozměry (mm):

RTT 50	RTT 50X
8 nebo 16	8 nebo 16
1,5 až 15	2 až 15
50	50
101	103
116	118
6	6
2	2
18	18
110 × 220 × 140	110 × 220 × 165

Elektrická výhybka se strmostí 18 dB/okt. a dělicím kmitočtem 2 kHz pro uvedené typy reproduktoru je na obr. 41.



Obr. 41. Schéma zapojení el. výhybky pro vysokotónové reproduktory RTT 50 a RTT 50X

K reproduktům RTT 50 a RTT 50X je možné připevnit akustickou čočku o rozměrech 308 × 125 × 52 mm s horizontálním vyzařovacím úhlem 75°. Dodává se pod označením AL 12.

#### 4.4 Reproduktory FANE

Reprodukty FANE jsou v technických podkladech prezentovány jako reproduktory s velkou zatížitelností. Téměř všechny typy jsou vyráběny s jmenovitou impedancí jak 8, tak 16 Ω. Jednou z vyráběných řad reproduktů je série STUDIO. Reproduktory této řady jsou určeny pro oblast nízkých a středních kmitočtů.

STUDIO 12L	STUDIO 12B	STUDIO 15B
8 nebo 16 obr. 42 200 50	8 nebo 16 obr. 43 200 50	8 nebo 16 obr. 44 200 40 102 ∅ 407 × 162 bas. kyt. systém P.A. varhany disko

Technické parametry reproduktoru série STUDIO

Jmenovitá impedance ( $\Omega$ ):  
Kmitočtová charakteristika:  
Zatížitelnost (W):  
Rezonanční kmitočet (Hz):  
Rozměry (mm):  
Rozměry (mm):  
Použití:

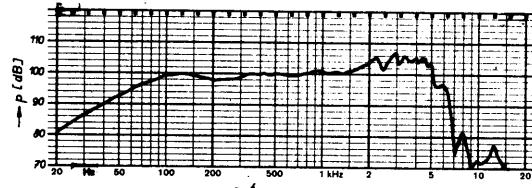
Pro oblast vysokých kmitočtů můžeme použít buď vysokotónové reproduktory řady HF nebo reproduktory řady J (vysokotónové reproduktory se zvukovodem).

Nyní si uvedeme technické parametry vysokotónových reproduktorů řady HF.

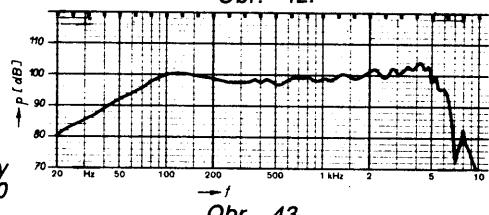
U typů HF 100M a HF 75M je možné připevnit zvukovod HF 100 HORN s kritickým kmitočtem 400 Hz. Na kmitočtu 10 kHz je horizontální vyzařovací úhel 90° a vertikální 50°. Rozměry zvukovodu jsou 432 × 221 × 413 mm (š × v × h).

Vysokotónové reproduktory, jejichž součástí je zvukovod, se vyrábějí v sérii J.

Zatížitelnost je udána při aplikaci el. výhybky s  $f_0 = 5$  kHz a strmostí 12 dB/okt.



Obr. 42.



Obr. 43.

### Technické údaje reproduktorů řady HF

	HF 250	HF 100M	HF 75M
Jmenovitá impedance ( $\Omega$ ):	8	8 nebo 16	8 nebo 16
Kmitočtový rozsah (kHz):	5 až 20	1až 15	1 až 15
Zatížitelnost (W):	250	100	75
Citlivost (dB/ $\sqrt{\text{VA}}/1\text{ m}$ ):	105	104	101
Rozměry (mm):	114x114x93	$\varnothing 152 \times 84$	$\varnothing 124 \times 76$

### Technické parametry reproduktorů série J

	J 44	J 73	J 104	J 105
Jmenovitá impedance ( $\Omega$ ):	8	8	8	8
Kmitočtový rozsah (kHz):	3 až 16	2 až 17	2 až 15	3 až 15
Zatížitelnost (W):	50	70	70	70
Citlivost (dB/ $\sqrt{\text{VA}}/1\text{ m}$ ):	98 ± 2	95 ± 2	103 ± 2	108 ± 2
Kritický kmitočet zvukovodu (Hz):	1500	900	820	780
Rozměry (šxvxh) (mm):	87,3 x 87,3 x 77	184,2 x 76,2 x 164	268,3 x 101,6 x 296,1	268,7 x 109,7 x 210,5

### 4.5 Reproduktory McKenzie

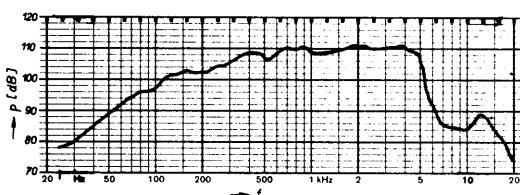
Reproduktoři McKenzie se vyrábějí v několika sériích, jejichž název je volen tak, že udává přímo oblast použití. Série HE (high efficiency) zahrnuje reproduktory s velkou účinností pro oblast nízkých kmitočtů, vhodné zejména pro basové a sоловé kytry a modulový systém P.A. s velkou zatížitelností. Parametry reproduktoru ze série HE, potřebné pro návrh uzavřené nebo bassreflexové ozvučnice, jsou v tab. 13. Tabulka je doplněna o další technické údaje charakterizující vlastnosti a kvalitu reproduktoru.

Na obr. 45, 46 a 47 jsou kmitočtové charakteristiky reproduktoru HE 15-300, HE 12-300 a HE 10-200.

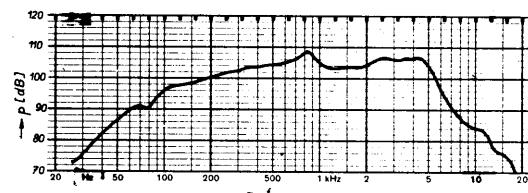
Parametry reproduktoru vyráběných v sériích Professional, Disco a Studio jsou shrnutý přehledně v tab. 14. Reproduktory z dosud uvedených sérií jsou určeny pro oblast nízkých a středních kmitočtů.

Jako příklad vysokotónového reproduktoru uvádíme typ BHF 520 s těmito parametry:

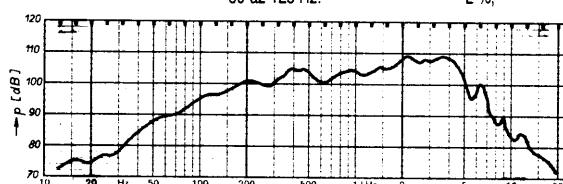
Jmenovitá impedance:	8 $\Omega$ .
Kmitočtový rozsah:	3,5 až 20 kHz.
Zatížitelnost (při aplikaci el. výhybky s $f_0 = 5$ kHz a strmosti 18 dB/okt.):	125 W.
Citlivost:	105 dB/ $\sqrt{\text{VA}}/1\text{ m}$ .
Rozměry:	$\varnothing 122,5$ mm.



Obr. 45. Kmitočtová charakteristika reproduktoru HE 15-300 (McKenzie)



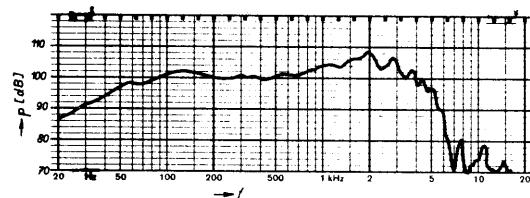
Obr. 46. Kmitočtová charakteristika reproduktoru HE 12-300 (McKenzie)



Obr. 47. Kmitočtová charakteristika reproduktoru HE 10-200 (McKenzie)

Tab. 13. Údaje reproduktoru série HE firmy Mc Kenzie

Typ reproduktoru	HE 15-300	HE 12-300	HE 10-200
Jmenovitá impedance $Z_1$ [ $\Omega$ ]	8 nebo 16	8 nebo 16	8 nebo 16
Zatížitelnost $P$ [W]	300	300	200
Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	45	52	48
Celkový činitel jakosti $Q_c$	0,27	0,29	0,23
Ekvivalentní objem $V_{ekv}$ [ $\text{dm}^3$ ]	210	93	53
Citlivost $\eta$ [dB/ $\sqrt{\text{VA}}/\text{m}$ ]	105	105	103
Poddajnost kmitacího systému $c_{MS}$ [ $\text{m.N}^{-1}$ ]	$4,39 \cdot 10^{-4}$	$2,54 \cdot 10^{-4}$	$1,79 \cdot 10^{-4}$
Hmotnost kmitacího systému $m_{MS}$ [kg]	0,042	0,040	0,036
Silový činitel $B_l$ [T.m]	18,4	15,2	15,9
Průměr reproduktoru $\varnothing$ [mm]	394	319	263



Obr. 44. Kmitočtová charakteristika reproduktoru STUDIO 15B (Fane)

### 5. Reproduktorové soustavy pro diskotéky

Pro kvalitní ozvučení komponovaných programů a diskoték požadujeme především, aby reproduktorové soustavy měly potřebný kmitočtový rozsah (50 Hz až 16 kHz) a dostatečný příkon. Volbu požadovaného příkonu reproduktorových soustav určuje velikost žádané hladiny akustického tlaku v daném poslechovém prostoru, velikost tohoto prostoru a jeho doba dozvuku.

Pro velmi malé a malé poslechové prostory (klubovny, společenské místnosti) do objemu asi 700  $\text{m}^3$  bychom mohli použít reproduktorové soustavy ARS 1054 (ARS 1058), vyráběné v k. p. TESLA Valašské Meziříčí, určené pro kvalitní reprodukci hudby a řeči v bytových interiérech.

#### 5.1 Reproduktorová soustava ARS 1054 (1058)

ARS 1054 (ARS 1058) je třípásmová reproduktorová soustava o vnitřním objemu 50 l. Přenos nízkých kmitočtů zajišťuje hlbokotónový reproduktor ARN 8604 (8608), k přenosu středních kmitočtů je použit středotónový reproduktor ARZ 4604 (4608) a využití vysokých kmitočtů zajišťuje vysokotónový reproduktor ARV 3604 (3608).

#### Technické parametry

Jmenovitá impedance, ARS 1054:	4 $\Omega$ ,
ARS 1058:	8 $\Omega$ .
Maximální standardní příkon:	40 W.
Špičkový hudební příkon:	120 W.
Kmitočtový rozsah:	30 až 20 000 Hz.
Činitel harmonického zkreslení v pásmu 30 až 125 Hz:	2 %,

125 až 250 Hz: 2 %,  
250 až 5000 Hz: 1 %;  
(měřeno při akust. tlaku 102 dB ve vzdálosti 0,5 m od soustavy).

Charakteristická citlivost: 87 dB/ $\sqrt{\text{VA}}/\text{m}$ .  
Dělící kmitočty el. výhybky: 800 Hz, 5000 Hz.  
Rozměry: 680 x 400 x 318 mm.  
Hmotnost: 20,5 kg.

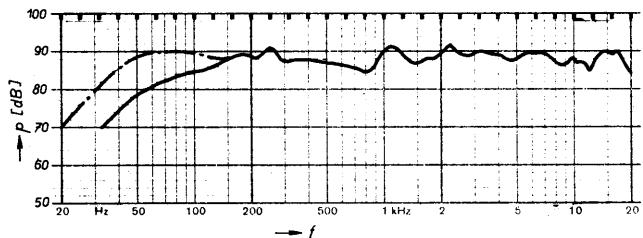
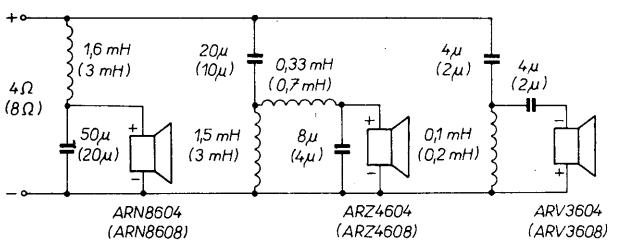
Schéma zapojení elektrické výhybky reproduktorové soustavy ARS 1054 (ARS 1058) je na obr. 48.

Příklad kmitočtové charakteristiky popisované soustavy je na obr. 49.

Třípásmové reproduktorové soustavy se stejným osazením reproduktoru jako u ARS

Tab. 14. Údaje reproduktorů McKenzie sérí Professional, Disco a Studio

Typ reproduktoru	Jmenovitá impedance $Z_1$ [Ω]	Zatížitelnost $P$ [W]	Resonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	Horní mezní kmitočet $f_h$ [kHz]	Citlivost $\eta$ [dB/V/VA/m]	Průměr reproduktoru $\varnothing$ [mm]
<b>Série Professional</b>						
10-60 GP	8 nebo 16	60	75	7,5	99	263
10-80 GP	8 nebo 16	80	75	7,5	99	263
10-100 GP	8 nebo 16	100	75	7	100	263
12-50 GP	8 nebo 16	50	70	7	96	311
12-50 TC	8 nebo 16	50	70	14	97	311
12-70 GP	8 nebo 16	70	70	6,5	98	311
12-70 TC	8 nebo 16	70	70	14	98	311
12-85 GP	8 nebo 16	85	65	6,5	98	311
12-85 TC	8 nebo 16	85	65	14	98	311
C 12-85 GP	8 nebo 16	85	45	6,5	98	311
C 12-85 TC	8 nebo 16	85	45	14	97	311
C 12-85 Bass	8 nebo 16	85	45	5	98	311
12-100 GP	8 nebo 16	100	65	6,5	98	311
12-100 TC	8 nebo 16	100	65	14	99	311
C 12-100 GP	8 nebo 16	100	45	6,5	98	311
C 12-100 TC	8 nebo 16	100	45	14	99	311
C 12-100 Bass	8 nebo 16	100	40	5	98	311
GP 15	8 nebo 16	100	45	5	98	394
TC 15	8 nebo 16	100	45	12	99	394
C 15 Bass	8 nebo 16	150	40	4	98	394
<b>Série Disco</b>						
Disco 10-100	8 nebo 16	100	75	6,5	100	263
Disco 12-100 GP	8 nebo 16	100	45	7	99	319
Disco 12-100 TC	8 nebo 16	100	45	14	100	319
Disco 15-100 GP	8 nebo 16	100	45	5	98	394
Disco 15-100 TC	8 nebo 16	100	45	12	99	394
Disco 15-150 Bass	8 nebo 16	150	40	4	98	394
<b>Série Studio</b>						
Studio C10-60	8 nebo 16	60	45	8	97	263
Studio C10-80	8 nebo 16	80	45	8	98	263
Studio C10-100	8 nebo 16	100	45	6	99	263
Studio C12-125 GP	8 nebo 16	125	45	6,5	101	319
Studio C12-125 TC	8 nebo 16	125	45	14	101	319
Studio C12-125 Bass	8 nebo 16	125	40	4,5	98	319
Studio C12-200 GP	8 nebo 16	200	45	6	100	319
Studio C12-200 Bass	8 nebo 16	200	40	4,5	99	319
Studio C15-200 Bass	8 nebo 16	200	40	4	99	394



Obr. 48. Schéma zapojení el. výhybky reproduktoru soustavy ARS 1054 (ARS 1058)

Obr. 49. Příklad kmitočtové charakteristiky reproduktoru soustavy ARS 1054 (plná čára  $4\pi$ , černochovaná čára  $2\pi$ )

1054 (ARS 1058) a obdobných elektroakustických vlastností vyrábí také podnik ÚV Svazarmu ELEKTRONIKA pod označením RS 634 STUDIO (impedance 4 Ω) a RS 638 STUDIO (impedance 8 Ω). Rozměry soustavy jsou 680 × 420 × 320 mm. Dalším výrobcem reproduktoru soustavy opět s uvedeným osazením reproduktoru je k. p. TESLA Bratislava. Reproduktoru soustavy nese označení 1PF 067 71 a má impedance 8 Ω. Její rozměry jsou 660 × 400 × 295 mm.

Pro větší poslechové prostory, kde již s uvedenými reproduktoru soustavami nevystačíme, jsme z důvodu neexistence vhodných soustav na tuzemském trhu odkázání zpravidla na amatérskou stavbu. Pro zajištění většího příkonu soustavy se velmi často místo jednotlivých reproduktoru zapojí reproduktory dva či tři. Při této příležitosti upozorňujeme na skutečnost, že např. při použití dvou hlubokotónových reproduktoru ARN 8604 (ARN 8608) při zachování stejněho dolního mezního kmitočtu soustavy musí být vnitřní objem soustavy dvojnásobný. To je v porovnání s ARS 1054 (ARS 1058) tedy 100 dm<sup>3</sup>. Z toho tedy vidíme, že zvětšovat počet hlubokotónových reproduktoru lze z hlediska neustálého zvětšování objemu a rozměrů soustavy jen do určité míry. Mnohem snadnější je použít reproduktory s požadovanou zatížitelností. To zatím v čs. podmírkách není možné, neboť takové reproduktory se u nás nevyrábějí. Proto z uvedených důvodů pro ozvučení většího prostoru (středních a velkých sálů) a při zachování požadované hladiny akustického tlaku předkládáme čtenářům návrh třípásmové reproduktoru soustavy s reproduktory fy CELESTION.

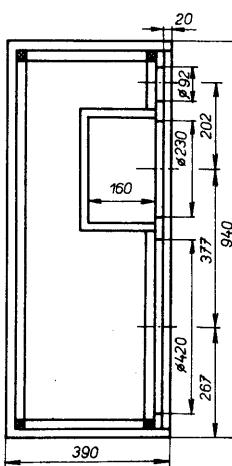
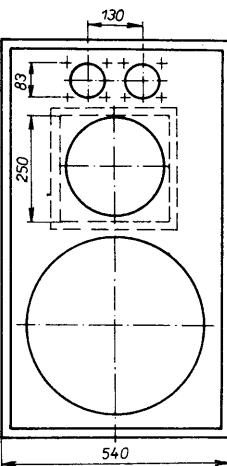
## 5.2 Reproduktoru soustava s reproduktory CELESTION

### Technické parametry

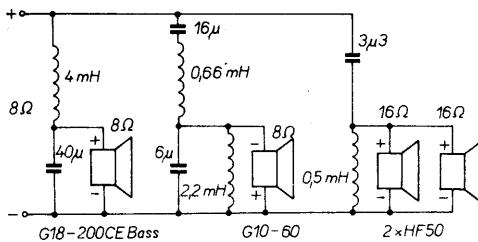
Jmenovitá impedance:	8 Ω.
Spíkrový standardní příkon:	300 W.
Kmitočtový rozsah:	55 až 16 000 Hz.
Charakteristická citlivost:	97 dB/V/VA/m.
Dělící kmitočty	
el. výhybky CX 408:	600 Hz až 3000 Hz.
Osazení reproduktory:	G18 – 200 CE Bass, G10 – 60, 2 × HF 50.

Druh ozvučnice:  
Rozměry: 540 × 940 × 390 mm.

Ozvučnice reproduktoru soustavy je zhotovena z laťovky nebo překližky tl. 18 mm. Výkresová dokumentace je na obr. 50. Schéma zapojení el. výhybky CX 408 reproduktoru soustavy je na obr. 51. Jako kondenzátory použijeme typy MP v krabickovém provedení (32 μF + 8 μF; 16 μF; 4 μF + 2 μF). Kapacitu 3,3 μF složíme z kondenzátorů TC 180 (2 μF, 1 μF).



Obr. 50. Rozměry a konstrukční uspořádání soustavy s reproduktory Celestion



Obr. 51. Schéma zapojení el. výhybky reproduktoru soustavy s reproduktory Celestion

a  $0,33 \mu\text{F}$ . Tlumivku  $4 \text{ mH}$  realizujeme na jádře EI  $32 \times 32$  s mezou 1 mm. Cívku této tlumivky navineme drátem CuL o průměru  $1,8 \text{ mm}$ , počet závitů je 81. Ostatní tlumivky jsou vzduchové, samonosné, vinuté drátem CuL o  $\varnothing 1 \text{ mm}$  na přípravku o průměru  $40 \text{ mm}$  a šířce  $20 \text{ mm}$ . Potřebný počet závitů je pro tlumivku  $2,2 \text{ mH}$  215, pro tlumivku  $0,66 \text{ mH}$  115 a pro tlumivku  $0,5 \text{ mH}$  100.

## 6. Reproduktoru soustavy pro hudební soubory

Z elektroakustického hlediska se pro produkci zvuku používají u reproduktoru soustav jak uzavřené, tak bassreflexové ozvučnice. Ke zvětšení citlivosti soustav se velmi často reproduktory v jednotlivých pásmech (hloubky, středy, výšky) opatřují zvukovody. U vysokotonových reproduktoru bývají zvukovody jejich součástí nebo se dodávají jako přídavné zařízení. U středotonových reproduktoru je zvukovod zpravidla dodáván jako připojitelná součást. U hlubokotonových reproduktoru je zvukovod součástí ozvučnice reproduktoru soustavy.

Zvuk jednotlivých elektronických hudebních nástrojů (sólová i doprovodná kytara, basová kytara, varhany ...) je reproducován kompaktními reproduktoru soustavami. Součástí těchto „komaktů“ jsou kmitočtové filtry, efektové obvody, výkonový zesilovač a reproduktoru soustava. V některých případech reproduktoru soustava a výkonový zesilovač tvoří samostatné celky.

Koncepce ozvučování hudebních souborů se během svého vývoje ustálila na používání tzv. modulárního systému centrálního ozvučení (systém P. A.). Systém P. A. je tvořen samostatnými ozvučníci s reproduktory (sekce), pracujícími v jednotlivých pásmech. Do jednotlivých pásem (tří nebo čtyř) je signál rozdělován elektronickou výhybkou (crossover) a zesilován výkonovými zesilovači. Elektronická výhybka a výkonové zesilovače jsou samostatná zařízení a nejsou tedy součástí jednotlivých ozvučnic.

Systém P. A. si vyzádal nový druh reproduktoru soustavy, sloužící k odposlechu. V tomto systému ozvučování nejsou hlavní ozvučovací reproduktoru soustavy umístěny za účinkujícími, ale vpředu před nimi směrem do hlediště a tak se účinkující nazájem neslyší. Proto vznikla potřeba umístit před ně odposlechové monitory, které jsou schopny dostatečně ozvučit prostor účinkujících.

### 6.1 Čtyřpásmový reproduktoru systém ARS 2900

Čtyřpásmový reproduktoru systém ARS 2900, tzv. systém P. A., jehož výrobcem je k.p. TESLA Vráble, je určen pro větší hudební soubory a skupiny, případně pro ozvučení velkých diskoték. Svým kmitočtovým rozsahem  $40 \text{ Hz}$  až  $16 \text{ kHz}$  a velkým akustickým tlakem je vhodný pro přenos hudby, řeči, zpěvu apod., při ozvučování velkých prostorů, sálů a i volného prostoru.

Systém ARS 2900 se skládá ze čtyř sekcí (subbasová, basová, středová, výšková).

Jednotlivé sekce čtyřpásmového systému přenáší určená kmitočtová pásmá, do kterých je akustický signál rozdělen elektronickou výhybkou (čtyřpásmový crossover) a zesilován výkonovými zesilovači.

Snaha o zkvalitnění reprodukce akustického signálu reproduktoru soustavami vedla ke změně koncepce přenosového řetězce. Signál z mixzáho pultu přichází na vstup elektronické výhybky (crossover), kde je rozdělen do čtyř kmitočtových pásem tak, aby byla zaručena optimální činnost příslušných reproduktoru sekcí co do přenášeního kmitočtového pásmá. Dále je možné crossoverem vyrovnat akustický tlak jednotlivých sekcí, mají-li rozdílnou citlivost. Z výstupu crossoveru je signál veden přes výkonové zesilovače, které budí jednotlivé reproduktoru sekce. Elektronická výhybka (crossover) má typové označení AYZ 040. Pracuje na principu aktivních filtrů s přenosovými funkciemi 3. řádu (strmost  $18 \text{ dB}/\text{o.t.}$  s poklesem  $3 \text{ dB}$  na dělícím kmitočtu) s možností přepnutí na nízkých kmitočtech na filtry 2. řádu (strmost  $12 \text{ dB}/\text{o.t.}$  s poklesem  $6 \text{ dB}$  na dělícím kmitočtu). Dělící kmitočty je možné volit třemi přepínači. Nízké kmitočty 100, 160, 250, 400, 630, 1000 Hz; střední 315, 500, 800, 1250, 2000, 3150 Hz; vysoké 1, 1,6, 2,5, 4, 6,3, 10 kHz. Na vyrovnání výkonových úrovní v jednotlivých pásmech slouží regulátory hlasitosti.

V následujících kapitolách popíšeme jednotlivé sekce čtyřpásmového reproduktoru soustavu ARS 2900, jehož provedení je na obr. 52.

### 6.2 Subbasová reproduktoru sekce – ARS 2100

Subbasová reproduktoru sekce ARS 2100 je určena pro přenos nejnižších kmitočtů ve velkém čtyřpásmovém systému P. A. Sekce ARS 2100 je vhodná pro ozvučování velkých sálů a volných prostorů.

Subbasová sekce ARS 2100 je vyrobena z laťovky o tloušťce  $19 \text{ mm}$ . Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hraný skříně jsou chráněny hliníkovým profilem. V rozech jsou masivní výlisky z plastické hmoty, které umožňují klášt skříně na sebe a vedle sebe do sestav a zároveň ji chrání proti poškození při nárazech a přenášení. Přípoj-

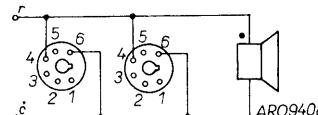
ná místa s typovým štítkem jsou na zadní straně reproduktoru sekce. Rukojeti na bočních stěnách umožňují snadné přenášení. Pro lepší manipulaci při umisťování na podlahách je sekce vybavena kolečky.

Pro buzení subbasové reproduktoru sekce výrobce doporučuje všechny typy výkonových zesilovačů s výstupním výkonem  $100 \text{ W}$  pracující se zatěžovací impedancí  $8 \Omega$ . Kmitočtové pásmo doporučuje výrobce dělit elektronickou výhybkou. Jako výkonové zesilovače doporučuje typy AZK 193, AZK 210 apod.

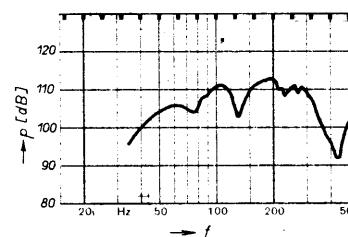
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	$8 \Omega +50, -10 \%$
Maximální standardní příkon:	$100 \text{ VA}$
Hudební příkon:	$200 \text{ VA}$
Charakteristická citlivost	
v pásmu $80$ až $300 \text{ Hz}$ :	$100 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB}$
Doporučený dělící kmitočet:	$200 \text{ Hz}$
Rozměry (šxv):	$1030 \times 535 \times 1085 \text{ mm}$
Hmotnost:	$64 \text{ kg}$
Osazení reproduktory:	$1 \times \text{ARO} 9408$

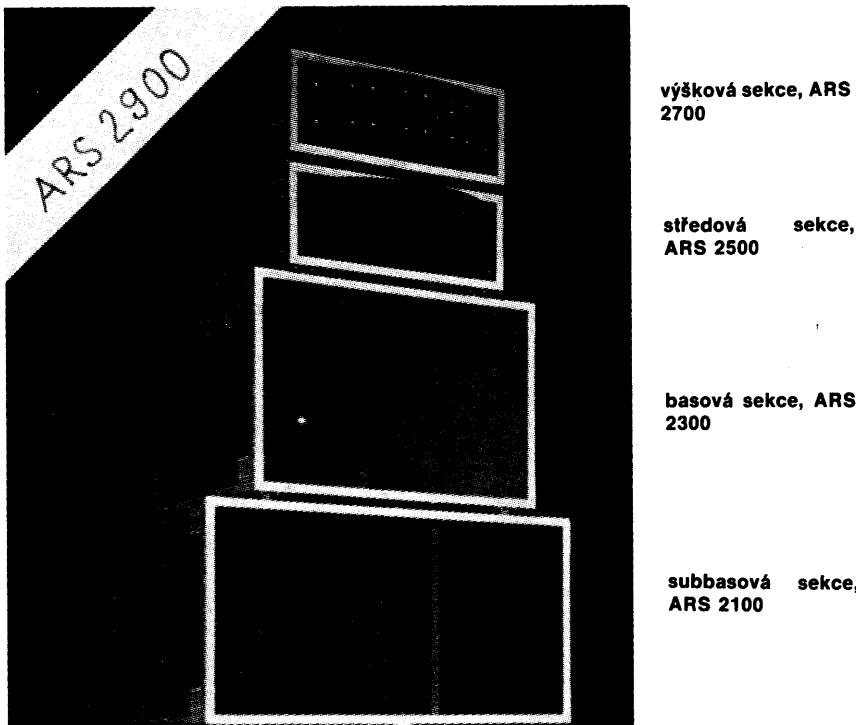
Schéma zapojení subbasové sekce ARS 2100 je na obr. 53. Příklad kmitočtové charakteristiky měřené ve vzdálenosti  $1 \text{ m}$  při příkonu  $10 \text{ W}$  je uveden na obr. 54.



Obr. 53. Schéma zapojení subbasové sekce ARS 2100



Obr. 54. Příklad kmitočtové charakteristiky subbasové sekce ARS 2100



Obr. 52. provedení čtyřpásmového reproduktoru soustavu ARS 2900

### 6.3 Basová reproduktorová sekce ARS 2300

Basová sekce ARS 2300 je určena pro přenos nízkých kmitočtů ve velkém modulárním systému P. A. Celý systém je vhodný pro ozvučování velkých prostorů.

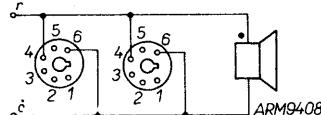
Sekce ARS 2300 je vyrobena z laťovky tl. 19 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany jsou chráněny hliníkovým profilem L 20 × 20 mm. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty, které umožňují pokládat skříň na sebe a vedle sebe do sestav a zároveň chrání skříň proti poškození při nárazech a přenášení. Basová sekce je osazena jedním reproduktorem ARM 9408. Připojné místo s typovým štítkem je na zadní stěně. Rukojeti na bočních stěnách umožňují snadné přenášení.

Pro buzení basové sekce jsou vhodné všechny typy výkonových zesilovačů s výstupním výkonem 150 W a zatěžovací impedancí 8 Ω. Kmitočtové pásmo doporučuje výrobce dělit elektronickou výhybkou. Jako výkonové zesilovače doporučuje výrobce typy AZK 193, AZK 210, 220 apod.

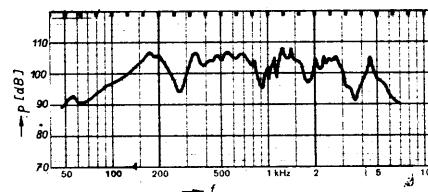
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Maximální hudební příkon:	150 VA.
Charakteristická citlivost:	106 dB ±2 dB.
Kmitočtový rozsah:	500 Hz až 6300 Hz.
Doporučené dělící kmitočty a strmost:	1250 Hz (+18 dB/okt.), 4000 Hz (-18 dB/okt.).
Rozměry:	618 × 260 × 546 mm
Hmotnost:	20 kg.
Osazení reproduktory:	1x DCR100 + RH 100.

Schéma zapojení basové sekce ARS 2300 je na obr. 55. Příklad kmitočtové charakteristiky basové sekce měřené ve vzdálosti 3 m při příkonu 10 W je na obr. 56.



Obr. 55. Schéma zapojení basové sekce ARS 2300



Obr. 56. Příklad kmitočtové charakteristiky basové sekce ARS 2300

### 6.4 Středová reproduktorová sekce ARS 2500

Středová sekce ARS 2500 je určena pro přenos středních kmitočtů ve velkém modulárním systému P. A.

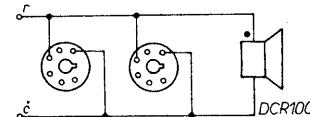
Sekce je vyrobena z laťovky tl. 17 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany jsou chráněny hliníkovým profilem L 20 × 20 mm. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty. Středová sekce je osazena tlakovým reproduktorem DCR 100 se zvukovodem RH 100 firmy CELESTION. Připojné místo s typovým štítkem je na zadní stěně. Na bocích jsou rukojeti pro snadné přenášení.

Pro buzení středové reproduktorové sekce lze použít všechny výkonové zesilovače s výkonem 100 W a zatěžovací impedancí 8 Ω. Výrobce doporučuje typy AZK 193, AZK 210 apod.

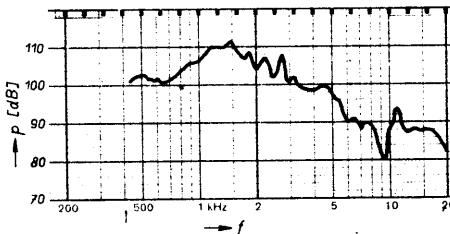
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Maximální hudební příkon:	150 VA.
Charakteristická citlivost:	106 dB ±2 dB.
Kmitočtový rozsah:	500 Hz až 6300 Hz.
Doporučené dělící kmitočty a strmost:	1250 Hz (+18 dB/okt.), 4000 Hz (-18 dB/okt.).
Rozměry:	618 × 260 × 546 mm
Hmotnost:	20 kg.
Osazení reproduktory:	1x DCR100 + RH 100.

Schéma zapojení středové sekce je na obr. 57 a příklad kmitočtové charakteristiky měřené ve vzdálosti 3 m a při příkonu 3 W je na obr. 58.



Obr. 57. Schéma zapojení středové sekce ARS 2500

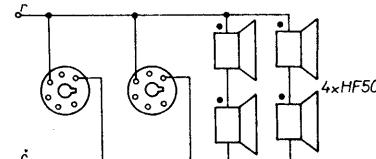


Obr. 58. Příklad kmitočtové charakteristiky středové sekce ARS 2500

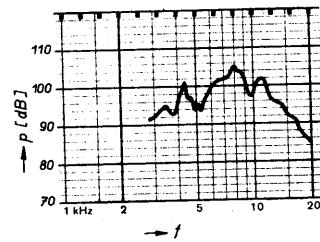
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Maximální hudební příkon:	150 VA.
Charakteristická citlivost:	106 dB ±2 dB.
Kmitočtový rozsah:	100 dB až 16 kHz.
Doporučený dělící kmitočet a strmost:	4 kHz (+18 dB/okt.)
Rozměry:	618 × 260 × 546 mm
Hmotnost:	24 kg.
Osazení reproduktory:	4x HF50.

Schéma zapojení výškové sekce ARS 2700 je na obr. 59. Příklad kmitočtové charakteristiky výškové sekce měřený ve vzdálenosti 3 m a při příkonu 10 W je na obr. 60.



Obr. 59. Schéma zapojení výškové sekce ARS 2700



Obr. 60. Příklad kmitočtové charakteristiky výškové sekce ARS 2700

### 6.5 Výšková reproduktorová sekce ARS 2700

Výšková sekce ARS 2700 je určena pro přenos vysokých kmitočtů ve velkém modulárním systému P. A.

Sekce je vyrobena z laťovky tl. 19 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany jsou stejně jako u předešlých sekcí chráněny profilem L 20 × 20 mm. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty, které chrání skříň před poškozením.

Výšková sekce je osazena čtyřmi tlakovými reproduktory HF 50 firmy CELESTION. Připojné místo s typovým štítkem je na zadní stěně. Rukojeti na boku umožňují snadnou manipulaci.

Pro buzení výškové reproduktorové sekce jsou vhodné výkonové zesilovače s výstupním výkonem 100 W a zatěžovací impedancí 8 Ω. Kmitočtové pásmo doporučuje výrobce dělit aktivní elektronickou výhybkou (crossover).

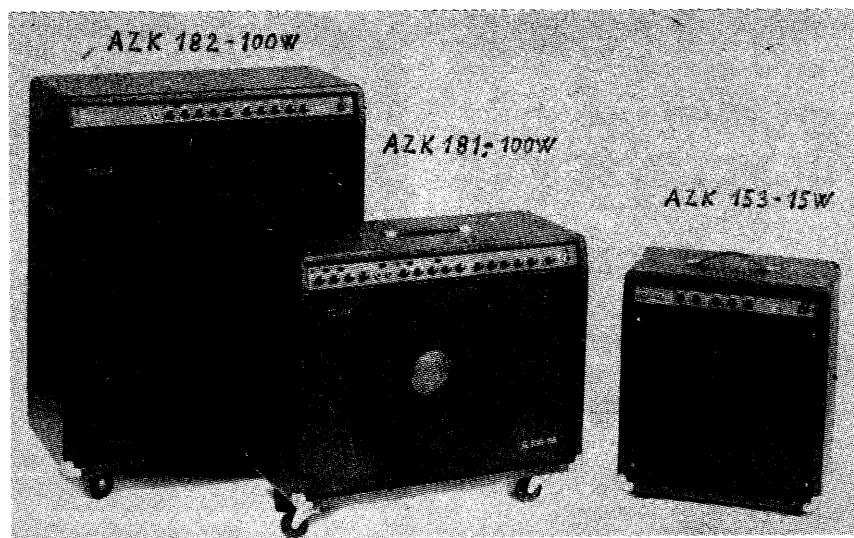
### 6.6 Kompaktní kytarové zesilovače

Kytarové „kompatky“ jsou kombinací reproduktové sestavy a zesilovače. Hlavní výhodou takového uspořádání jsou menší hmotnost, menší rozměry a z toho vyplývající snazší manipulativnost a lepší skladnost při převozu. Celkový vzhled kytarových kompaktek je na obr. 61.

#### AZK 153 – 15 W (G 15 – 208)

Tento nejmenší „kompatk“ je určen ke zpracování signálů z elektrofonické kytary, baskytary a dalších nástrojů s vlastním elektroakustickým měničem. Svým výkonem a vybavením je vhodný pro cvičné účely a pro začínající hudební skupiny.

Napěťová část obsahuje dva vstupy, s malou a velkou citlivostí. Výkonová část obsahuje zesilovač s výkonem 15 W. Pro



Obr. 61. Celkový vzhled kompaktních kytarových zesilovačů

tichý poslech slouží sluchátkový výstup. Reproduktorička soustava je osazena dvěma reproduktory ARO 6608.

#### AZK 181 – 100 W (G 100 – 115)

Tento kytarový kompakt je určen k zesílení signálů především z elektrofonické kytary. Můžeme ho použít i ke zpracování signálů z klávesových nástrojů (varhany, klavír, syntetizér apod.), případně jiných hudebních nástrojů s vlastním elektroakustickým měničem. Zesilovač se skládá z napěťové a výkonové části. Napěťová část je rozdělena na dva kanály, efektový B a normální A. Efektový kanál má dvojí regulaci hlasitosti (MASTER, GAIN) s měkkou limitací signálů. Dále obsahuje korektor basy-středy-výšky.

Kanál A je klasického provedení s regulací a korektorem basy-středy-výšky. Kanál lze přepínat z ovládacího panelu nebo dálkově nožním spínačem. Kromě plynulých pasivních korektorů jsou oba kanály vybaveny tlačítka BR (úzká charakteristika) a FAT (široká charakteristika) na dodatečné zdůraznění vysokých kmitočtů. Ve společné větvi napěťové části je zařazen 5pásmový korektor a pružinový dozvuk (hall), které se uvádějí do činnosti nožním spínačem. Kromě vstupu pro nástroje obsahuje zesilovač i vstup a výstup pro magnetofon (efekt, echo) a tzv. linkový výstup 1 V.

Reproduktoří soustava je osazena reproduktorem ARM 9408 s příkonem 150 W a jmenovitou impedancí 8 Ω.

#### AZK 182 – 100 W (B 100 – 115)

Baskytarový „kompakt“ AZK 182 – 100 W je určen především k zesílení signálů z elektrofonické baskytary, případně jiných hudebních nástrojů s vlastním elektroakustickým měničem. Zesilovač se skládá z napěťové a výkonové části. Napěťová část s jedním kanálem obsahuje dva vstupy, s malou a velkou citlivostí, regulátor hlasitosti, regulátor kompresoru, spínač kompresoru a indikaci jeho sepnutí. Kompressor můžeme ovládat i nožním spínačem. Dále korektor basy-středy-výšky a pětipásmový ekvalizér. K zesilovači je možné připojit externí reproduktoričku soustavu s impedancí 8 Ω pro příkon 100 W. Kromě výkonového výstupu obsahuje „kompakt“ i výstup 1 V.

Reproduktoří soustava je osazena reproduktorem ARO 9408 o impedanci 8 Ω.

Všechny uvedené kompaky jsou vyráběny v k. p. TESLA Vráble. Proti zkratu na výstupu jsou chráněny elektronickou pojistkou a proti tepelnému přetížení tepelnou pojistkou. Obsahují též obvod na ochranu reproduktoru.

#### 6.7 Kompaktní zesilovač pro klávesové nástroje, AZK 193 (K 100 – 115)

Kompaktní zesilovač AZK 193 pro klávesové nástroje, jehož výrobcem je k. p. TESLA Vráble, je určen k zesílení signálů z šesti klávesových nástrojů se samostatnou úpravou signálů ve třech kanálech s možností připojit efektové zařízení pro výsledný signál.

Kompaktní zesilovač pro klávesové nástroje tvoří kombinaci reproduktoričkové soustavy a zesilovače. Dřevěná skříň tvoří reproduktoričkovou soustavu a zároveň je nosnou částí zesilovače. Povrch skříně je potažen černou koženkou. Ve spodní části jsou umístěna čtyři kolečka, umožňující snadnou manipulaci. K přenášení slouží dvě rukojeti na bocích skřínky. Reproduktory jsou z přední strany proti poškození chráněny kovovým sitem. Zesilovač je umístěn v horní části skřínky. Ovládací prvky a vstupy jsou na předním panelu. Na zadním panelu je přívod sítě, síťová pojistka, připojovná zásuvka pro externí reproduktoričkovou soustavu a zásuvky pro výstup 1 V.

Kompaktní zesilovač obsahuje tři kanály, 1, 2 a 3. Kanály 1 a 2 jsou shodné, střední kmitočty korektoru jsou 50 Hz, 500 Hz a 5 kHz. Kanál 3 má odlišné střední kmitočty 100 Hz, 1 kHz a 10 kHz.

Každý kanál je řešen jako dvouvstupový s citlivostí 30 mV pro slabé signály – vstup L a 100 mV pro silné signály – vstup H. Na jednotlivé vstupy navazují dva předzesilovače s regulací zisku asi 15 dB a s výstupním napětím 1 V. Signál z obou předzesilovačů je sloučen součtovým obvodem a upraven třípásmovým korektorem. Přepínač FAT umožňuje přídavné zdůraznění výšek, přepínač BRIL zvětšuje šířku pásma výškového korektoru.

Výstupní signál z korektoru je přiváděn do součtového zesilovače a také na indikátor vybuzení. V zesilovači se sčítají kmitočtově upravené signály jednotlivých kanálů. Výstupní signál může být dále zpracován ještě externím efektovým zařízením.

Reproduktoří soustava je osazena reproduktorem ARO 9408 a 8 × ARV 161.

Koncový zesilovač je chráněn proti tepelnému přetížení termostatem.

#### Technické parametry

Napájecí napětí:	220 V/50 Hz.
Jmenovitý výkon:	100 W/8 Ω.
Hudební výkon:	130 W/8 Ω
Příkon při jmen. buzení:	200 W.
Vstupní napětí a impedance	
vstup H:	30 mV/200 kΩ.
vstup L:	100 mV/200 kΩ.
vstup 1 V:	1 V/10 kΩ.

#### Výstupní napětí a impedance

výstup 1 V: 1 V/1 kΩ, 1 V/10 kΩ.

výstup pro efekty: 1 V/10 kΩ.

Činitel harmonického zkreslení

63 Hz: k < 0,4 %,  
1 kHz: k < 0,1 %,  
8 kHz: k < 0,4 %.

Odstup signálu od cizích napětí

základní: 80 dB,  
přes kanál: 76 dB.

Rozsah korekci: ±15 dB.  
Osazení reproduktory: 1 × ARO 9408,  
8 × ARV 168.

Rozměry: 686 × 888 × 325 mm.

Hmotnost: 45 kg.

#### 6.8 Odposlechová reproduktoričková soustava ARS 6901

Současný trend při ozvučování sálů, klubů a volných prostranství centrálním ozvučovacím systémem (systém P. A.) si vyžádal, jak bylo uvedeno, nový druh reproduktoričkové soustavy, sloužící k odposlechu.

Odposlechové reproduktoričkové soustavy ARS 6901 (k. p. TESLA Vráble) jsou určeny svým kmitočtovým rozsahem k přenosu širokého pásma kmitočtů 50 Hz až 16 000 Hz (v poli 15 dB). Svým příkonem, citlivostí a tvarem vyhovují jako odposlechové monitory, které jsou schopny dostatečně ozvučit prostor pro účinkující v sálech, klubech i volném prostranství v centrálním systému ozvučení (systém P. A.).

Odposlechová reproduktoričková soustava ARS 6901 je dvoupásmová, osázena reproduktory ARO 9408 a ARV 168. Vnitřní objem ozvučnice je 80 dm<sup>3</sup>. Povrch je potažen koženkou, rohy jsou chráněny proti nešetrnému zacházení kováním. Reproduktory z přední strany chrání kovová síťka. Na bocích jsou dvě rukojeti pro snadné přenášení soustavy.

ARS 6901 může pracovat s libovolným výkonovým zesilovačem se zatěžovací impedancí 8 Ω a výkonem do 100 W.

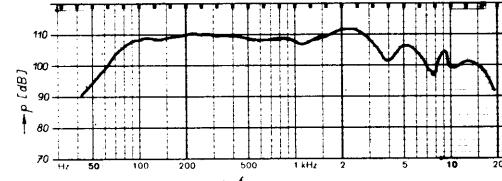
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50 –10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Hudební příkon:	200 VA.
Charakteristická citlivost:	100 dB (min. 98 dB).
Kmitočtový rozsah:	50 Hz až 16 000 Hz (pásma 15 dB).

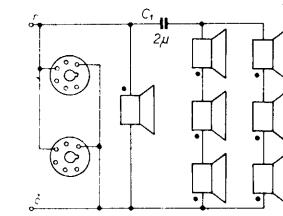
#### Činitel harmonického zkreslení

50 až 250 Hz: 4 %,  
250 až 5000 Hz: 3 %.  
Rozměry: 685 × 415 × 506 mm.  
Hmotnost: 30 kg.

Příklad kmitočtové charakteristiky odposlechové reproduktoričkové soustavy měřené ve vzdálosti 2 m a při příkonu 10 W je na obr. 62. Schéma zapojení je na obr. 63 a celkový vzhled je patrný z obr. 64.



Obr. 62. Příklad kmitočtové charakteristiky odposlechové reproduktoričkové soustavy ARS 6901



Obr. 63. ARS 6901

#### Napájecí napětí:

Jmenovitý sin. výkon:

Hudební výkon:

Příkon při jmen. buzení:

Vstupní napětí/impedance 200 kΩ

vstup B:

vstup A:

efekt.:

Vst. napětí a impedance:

echo:

Odstup signálu základní:

vstup A:

vstup B:

Rozsah korekci ekvalizéru:

Osazení reproduktory:

Rozměry:

Hmotnost:

#### AZK181

sít.

100 W/8 Ω

130 W/8 Ω

200 W

10 mV

100 mV

50 mV

500 mV

250 mV/10 kΩ

1 V/1 kΩ

4 až 8 mV/10 kΩ

80 dB

70 dB

62 dB

±12 dB

ARM 9408

690 × 610 × 290 mm

35 kg

#### AZK 182

sít.

100 W/8 Ω

130 W/8 Ω

200 W

10 mV

100 mV

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

#### AZK 153

sít.

15 W/4 Ω

25 W/4 Ω

40 W.

10 mV

100 mV

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

—

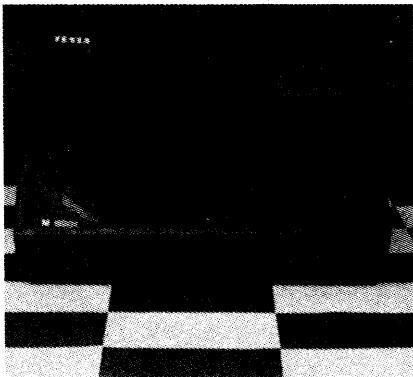
—

—

—

—

—



Obr. 64. Celkový vzhled odposlechové reprosoustavy ARS 6901

### 6.9 Čtyřpásmová reproduktorová soustava

#### Návrh vyzařovacích jednotek

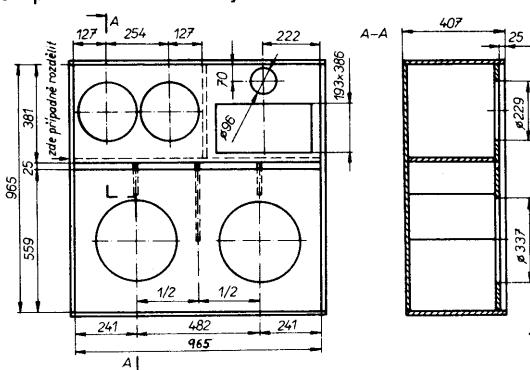
Pro přenos nejnižších kmitočtů jsou určeny dva reproduktory firmy FANE STUDIO 15B. Nízké a část signálů středních kmitočtů přenášejí dva reproduktory firmy McKenzie 10 – 100 GP. Oblast středních a část pásma vysokých kmitočtů je vyzařována reproduktorem HF 100 (FANE) se zvukovodem HF 100 HORN (FANE) a pro vysoké kmitočty je určen reproduktor HF 250 (FANE).

#### Ozvučnice

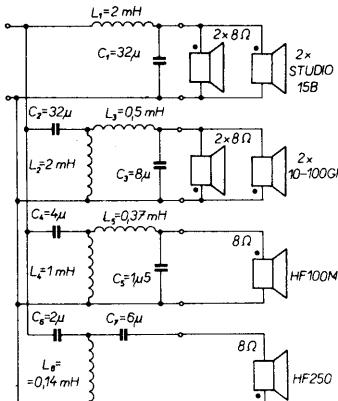
Pro tuto reproduktorovou soustavu je použita bassreflexová ozvučnice. Ozvučnice je zhotovena z laťovky tl. 18 mm. Bassreflexový rezonátor je tvořen úzkou štěrbinou ve střední části ozvučnice. Rozměry rezonátoru jsou  $965 \times 25 \times 18$  mm. Vnitřní prostor ozvučnice je rozdělen na tři části. V části o objemu  $187 \text{ dm}^3$  jsou umístěny reproduktory pro nejnižší pásmo kmitočtů (STUDIO 15B), ve druhé o objemu  $70 \text{ dm}^3$  je umístěna dvojice reproduktorů pro nízké a část střední kmitočtů (10 – 100 GP) a ve zbylé třetí části jsou vysokotónové reproduktory (HF 100M se zvukovodem a HF 250). Pro vyzutí přední stěny ozvučnice jsou v části o objemu  $187 \text{ dm}^3$  umístěny mezi přední a zadní stěnou tři desky z laťovky o tl. 18 mm.

Přední stěna je zapuštěna o 25 mm, což umožňuje použít dřevěný rámeček, potažený prodyšnou tkaninou.

Pro snadnější přenášení a manipulaci se soustavou doporučujeme ozvučnici rozdělit na dvě části a to v místě nad basreflexovým otvorem. Tato úprava vyžaduje navíc desku tl. 18 mm o rozměrech  $965 \times 346$  mm. Pořízenou úpravou vzniknou tedy dvě samostatné části.



Obr. 65. Rozměry a konstrukční uspořádání ozvučnice čtyřpásmové soustavy



Obr. 66. Schéma zapojení výhybky čtyřpásmové soustavy

statné ozvučnice o rozloze  $965 \times 620 \times 407$  mm a  $965 \times 399 \times 407$  mm. Rozměry a konstrukční uspořádání ozvučnice jsou na obr. 65.

#### Výhybka soustavy

Pro tuto reproduktorovou soustavu byla zvolena kombinace pasivní výhybky druhého a třetího rádu. Schéma zapojení výhybky je na obr. 66; výhybka byla navržena s ohledem na vyráběnou řadu kondenzátorů v kramatickém provedení MP 2, 4, 8, 16 a  $32 \mu\text{F}$ . Tlumivky o indukčnosti 2 mH byly zhotoveny na jádře EI  $32 \times 32$  s mezerou 1 mm. Cívky uvedených tlumivk navineme drátem CuL o  $\varnothing 1,8$  mm, počet závitů je 57. Tlumivka o indukčnosti 0,37 mH je samonosná, vzdutová. Je vinuta drátem CuL o  $\varnothing 1$  mm na přípravku o  $\varnothing 40$  mm a šířce 20 mm. Počet závitů je 85. Tlumivky 0,14 mH, 1 mH a 0,5 mH jsou vinuty stejným způsobem jako pro výhybku na obr. 51. Potřebný počet závitů je 45 u tlumivky 0,14 mH, 150 u tlumivky 1 mH a 100 u tlumivky 0,5 mH. Jednotlivé součástky výhybky jsou připevněny na pertinaxové podložce tl. 5 mm, která je umístěna na dně ozvučnice.

Pro uvedenou reproduktorovou soustavu můžeme použít též elektronickou výhybku (crossover) nebo kombinaci pasivní a aktivní výhybky. Výsledné elektroakustické vlastnosti soustavy při dodržení stejných délících kmitočtů (629, 2518 a 6759 Hz) zůstanou zachovány.

**Technické parametry**

Jmenovitá impedance:	4 $\Omega$
Kmitočtový rozsah:	40 Hz až 20 kHz
Charakteristická citlivost:	102 dB/ $\sqrt{\text{VA}}/1 \text{ m}$
Špičkový standardní příkon:	400 W
Použité reproduktory:	2x STUDIO 15B (FANE), 2x 10-100 GP (McKenzie), 1x HF 100M + zvukovod HF 100 HORN (FANE), 1x HF 250 (FANE).

Pozn.: Původní reproduktory STUDIO 10M (FANE) byly v našem případě nahrazeny reproduktory 10-100 GP (McKenzie).

Výhýbka: 12 dB/okt. a 18 dB/okt.  
Rozměry: 1001 x 1001 x 407 mm.

Příklad kmitočtové charakteristiky soustavy měřené ve vzdálenosti 1 m při příkonu 1 VA je na obr. 67.

## 7. Ozvučování

Ozvučováním rozumíme zásobování určitého ohraničeného prostoru (místnosti, sálu nebo volné plochy) zvukovým signálem, zajišťujícím jakostní poslech reprodukovaného signálu. Je-li přímo ve sledovaném prostoru i zdroj signálu (zpěvák, orchestr atd.) a jeho zvuk je pouze zesilován k zajištění přiměřené hlasitosti v celé ploše poslechu (auditoriu), používáme pro zpřesnění název přizvučání.

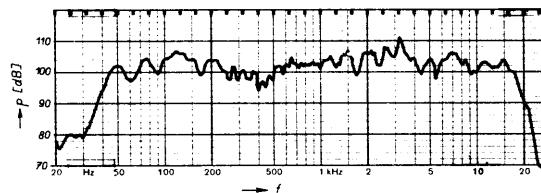
### 7.1 Prostor jako přenosový článek

Mezi zdrojem zvuku a posluchačem je jako přenosový člen elektroakustického řetězce uzavřený prostor. Svými vlastnostmi významnou měrou ovlivňuje přenášený akustický signál. Při návrhu ozvučovací soustavy je prostor se svými vlastnostmi dán, ale přesto bychom se měli alespoň částečně seznámit se zákonitostmi, podmínějícími přenos zvukového signálu prostřednictvím.

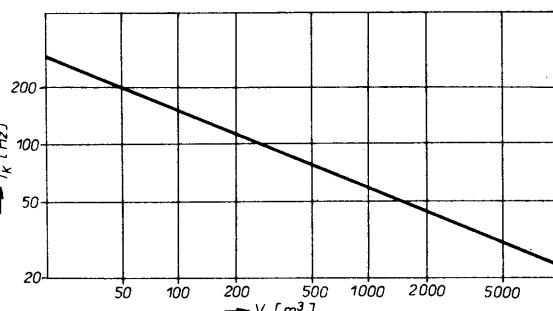
Stejně jako každé mechanické těleso, má i prostor své vlastní kmity. Kmitočet téhoto vlastního kmitu je dán geometrickým rozměrem prostoru a u jednoduchých geometrických tvarů jej můžeme určit vypočtem. Pro kvádr se stranami  $a$ ,  $b$ ,  $h$  (m), jsou vlastní kmity dány vztahem

$$f = c/2\sqrt{(n_a/a)^2 + (n_b/b)^2 + (n_h/h)^2},$$

kde  $c = 344$  je rychlosť zvuku (m/s) a  $n_a$ ,  $n_b$  a  $n_h$  jsou libovolně zvolená celá čísla (0, 1, 2,



Obr. 67. Příklad kmitočtové charakteristiky čtyřpásmové soustavy



Obr. 68. Dolní kritický kmitočet prostoru

3 . . .). Pro každou kombinaci čísel  $n_a$ ,  $n_b$  a  $n_h$  vypočítáme jeden vlastní kmit prostoru, získáme tak nekonečnou řadu kmitočtů, která je směrem k vyšším kmitočtům stále hustší. Na každém z těchto kmitočtů může prostor při využití rezonovat, a tak zdůraznit signál až o desítky decibelů. U dostatečně velké místnosti (sálu) jsou tyto kmitočty naštěstí tak těsně u sebe, že posloucháme vlastně téměř souvislost řadu zdůrazňovaných kmitočtů a pouze u hlubokých kmitočtů mezi nimi najdeme větší rozestupy.

Vlastní kmity prostoru uvádíme spíše pro objasnění daného problému a v praxi nemá smysl je stanovovat, protože jakákoliv odchylka prostoru od pravoúhlého tvaru (i vnitřní zástavba prostoru) vypočítané kmitočty změní.

Mnohem důležitější je, od kterého kmitočtu je jakost poslechu do určité míry nezávislá na vlastních kmitech prostoru. Při respektování tlumení vlastních kmítů (vyjádřené pomocí doby dozvuku  $T$  prostoru) můžeme odvodit pro dolní kritický kmitočet  $f_k$  prostoru o objemu  $V$  vztah

$$f_k = 2000 \sqrt{T/V} \quad [\text{Hz}, \text{s}, \text{m}^3].$$

Graf na obr. 68 udává dolní kritický kmitočet, je-li doba dozvuku  $T$  rovna průměrné hodnotě v prostoru s daným objemem. Graf tedy slouží k rychlé orientaci, do jakého kmitočtu bude poslechový vjem závislý jak na umístění zdroje zvuku, tak i na místě poslechu, přestože bude toto místo v dozvukovém poli.

V praxi se s výše popsanými zákonitostmi setkáváme nejčastěji sámec jak při provozování reprodukované hudby (diskotéky), tak při vystoupeních hudebních souborů. Projeví se v určitých pasážích hudebního snímku zpravidla v oblasti nízkých kmitočtů tzv. „dunění“ sálu. Technickými prostředky je možné tento jev částečně eliminovat použitím kmitočtového ekvalizéru, jímž signály zdůrazňovaných kmitočtů potlačíme.

## 7.2 Dozvuk, doba dozvuku, dozvuková vzdálenost

Přestane-li být zvuk zářicem vyzařován, v uzavřeném prostoru po určité dobu ještě dozívá; až teprve po určité době je všechna akustická energie pohlcena. Zmenšování akustického tlaku má v závislosti na čase exponenciální průběh. Dobu, za níž se tlak akustického tlaku změní o 60 dB, nazýváme dobou dozvuku.

Doba dozvuku je velmi důležitým kritériem pro hodnocení kvality subjektivního vnímání zvuku v uzavřeném prostoru. Je-li doba dozvuku krátká, zvuk zní podobně jako ve volném prostoru („usekané“), dozvuk se na tvorbě sluchového vjemu podílí jen nepodstatnou měrou. Naopak příliš dlouhá doba dozvuku „zatemňuje“ zvukový signál. Zkušenosti byly nalezeny optimální doby dozvuku pro určitý signál a určitou velikost prostoru. Tyto doporučované doby dozvuku pro kmitočet 500 Hz jsou v grafu na obr. 69.

Určující veličinou doby dozvuku je jednak velikost uzavřeného prostoru, jednak celko-

vá pohltivost prostoru. Pro dobu dozvuku  $T$  [s] byl Sabinem odvozen pro objem  $V$  a celkovou pohltivost  $A = \sum \alpha_i S_i$  ( $\alpha_i$  [–] jsou činitele pohltivosti materiálů a  $S_i$  [ $\text{m}^2$ ] dílčí plochy) vztah

$$T_s = \frac{0,164V}{A} \quad [\text{s}; \text{m}^3, \text{m}^2].$$

Připomínáme, že činitele pohltivosti materiálů jsou závislé na kmitočtu. Např. tkanina volně řasená před stěnou má činitel pohltivosti 0,04 při kmitočtu 125 Hz a 0,4 při kmitočtu 4000 Hz. Pro víceúčelové sály (řeč, hudba, společenské události) vyhovuje dobré při určování optimální doby dozvuku empirický vztah

$$T_o = \frac{3}{8} \log V \quad [\text{s}; \text{m}^3].$$

Dozvuková vzdálenost  $r_d$  [m] je taková vzdálenost od zdroje zvuku v uzavřeném prostoru, ve které se sobě rovnají hustoty zvukové energie volného a difúzního pole. V technice ozvučování je to velmi důležitý pojem, neboť určuje dělicí hranici, kam až dosahuje pole přímých vln. Je-li zdroj zvuku všeobecný, je dozvuková vzdálenost ve všech směrech stejná a hovoříme pak o poloměru dozvuku (nebo dozvívání)  $r_d$  [m], který je definován vztahem

$$r_d = \sqrt{A/(16\pi)} = 0,14 \sqrt{A} = \sqrt{V/(314T)},$$

kde  $A$  [ $\text{m}^3$ ] je pohltivost,  $V$  [ $\text{m}^3$ ] objem a  $T$  [s] doba dozvuku.

Má-li akustický vysílač činitel směrovosti  $Q_a$  a akustický příjimač činitel směrovosti  $Q_p$ , bude dozvuková vzdálenost  $r_d$  [m] určena vztahem

$$r_d = r_d \sqrt{Q_a Q_p} = 0,14 \sqrt{A Q_a Q_p}.$$

Dozvuková vzdálenost závisí prostřednictvím činitelů směrovosti i na poloze a umístění akustického vysílače v prostoru.

## 7.3 Potřebné příkony zářiců pro ozvučování

K dosažení doporučené poslechové hlasitosti v ozvučovaném prostoru je potřebné určit příkony zářiců pro celý ozvučovaný prostor.

Je nutné zásadně rozlišovat, zda jde o ozvučovací soustavu pro uzavřené prostory nebo prostor volný.

Pro přibližný odhad vystačíme s empirickými vztahy, které však u soustav s velkým počtem zářic ztrácejí potřebnou přesnost. Pro uzavřený prostor s obvyklou pohltivostí k dané velikosti prostoru platí pro potřebný elektrický příkon všech zářic v prostoru vztah

$$P_p = k_1 V^{3/4} \quad [\text{W}; \text{W}/\text{m}^2, \text{m}^3],$$

kde  $k_1$  je násobicí součinitel podle žánru a účelu (viz tab. 15),  $V$  je objem prostoru.

Odhad pro volné plochy vychází z potřebného příkonu pro  $1 \text{ m}^2$  ozvučovací plochy. Zde je možné uvažovat nejvýše dobrý přenos, nikoli hi-fi a proto se předpokládá účinnost asi 3 % a rovnoměrné rozložení reproduktorů v označované ploše. Pak lze uvažovat

součinitel  $k_1 = 0,005 \text{ W}/\text{m}^2$  pro menší plochy (do několika tisíc metrů čtverečních) a  $k_1 = 0,002 \text{ W}/\text{m}^2$  pro velké plochy. Potřebný příkon je (pro  $L_p = 85 \text{ dB}$ )

$$P_p = k_1 S \quad [\text{W}; \text{W}/\text{m}^2, \text{m}^2],$$

kde  $S$  je ozvučovaná plocha. Přesněji lze udat součinitel  $k_1$  takto pro plochy do  $1000 \text{ m}^2$  je  $5 \text{ mW}/\text{m}^2$ ,  $10000 \text{ m}^2$  je  $4 \text{ mW}/\text{m}^2$ ,  $25000 \text{ m}^2$  je  $3 \text{ mW}/\text{m}^2$ ,  $40000 \text{ m}^2$  je  $2 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Volba součinitelů pro určení elektrického příkonu dovoluje až 100% nepřesnost v odhadu, proto je vždy výhodnější určit potřebný příkon podle vztahů, které uvedeme v následujících kapitolách.

## 7.4 Příkon ozvučovací soustavy v uzavřeném prostoru

V uzavřeném prostoru musíme respektovat mnohonásobné odrazy od stěn v místnosti, kterými se v difúzním poli prostoru vytvoří určitá hladina, dozívající podle pohltivosti prostoru. V blízkosti zářic je ve volném poli vyuzena přímými vlnami vyšší hladina, protože jsou však běžně poslechová místa rozmištěna v difúzním poli, určujeme při výpočtu potřebného příkonu hladinu v difúzním poli. Většina poslechových míst je v oblasti difúzního pole, jak ukazuje tab. 16, v níž jsou pro různé objemy místnosti za předpokladu, že doba dozvuku  $T = (3/8) \log V$ , určeny dozvukové vzdálenosti.

Vyjdeme-li z hustoty zvukové energie v difúzním poli, můžeme odvodit základní vztah

$$P_p = \frac{p^2 A}{4 Z_0}$$

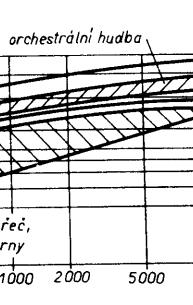
kde  $Z_0$  je akustický vlnový odpor prostředí ( $\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$ ), a po úpravách dostaváme pro potřebný elektrický příkon

$$P_p = \frac{p^2 V \cdot 10^{-2}}{\eta T} = \frac{V}{\eta T} 10^{(L_p - 114)/10}$$

kde  $P_p$  je příkon zářiců (W),  $V$  objem ozvučovaného prostoru ( $\text{m}^3$ ),  $\eta$  účinnost použitých zářic (%),  $T$  doba dozvuku ozvučovaného prostoru (s),  $L_p$  požadovaná hladina akustického tlaku (dB).

Pro rychlou orientaci jsou v tab. 16 potřebné příkony zářiců; údaje v tabulce slouží pouze k orientaci, protože např. údaje povrchů stěn jsou pouze přibližné (a proto i střední činitel pohltivosti). Zvýšení poslechové hladiny o 6 dB znamená zvětšení příkonu čtyřikrát. Pro obvyklou přebuditelnost 12 dB by musel být příkon v závorkách ještě čtyřikrát větší.

Při určování příkonu zářic podle výše uvedeného vztahu je pro určitou požadovanou hladinu hlasitosti nutno znát účinnost použitých zářic, která není výrobcem obvykle uvedována. Prakticky vždy známe charakteristickou citlivost  $S_L$  a pro kmitočet, při němž byla stanovena (1000 Hz) i činitel



Obr. 69. Optimální doby dozvuku

Tab. 15. Součinitel k<sub>1</sub>

Druh signálu	Součinitel pro zářice			
	hi-fi	kvalitní	střední	maximální
řeč	0,12	0,06	86	90
dopravná hudba	0,4	0,2	92	97
hudba koncertní a hudba k tanci	1,2	0,6	97	103

Tab. 16. Příklady typických vlastností prostorů a potřebného příkonu zářičů

Objem prostoru $V [m^3]$	Přibližné rozměry [m]			Doba dozvuku $T [s]$	Dozvuková vzdálenost $l_d [m]$	Pohltivost A [m <sup>2</sup> ]	Plocha stěn S [m <sup>2</sup> ]	Střední činitel pohltivosti $\alpha [-]$	Potřebný elektrický příkon zářičů pro hladinu tlaku 90 dB [W]	
	a	b	h						při $\eta = 1\%$	*)
20	2,5	3	2,6	0,5	0,37	7,0	44	0,15	0,16	(0,64)
40	3	4,5	2,8	0,6	0,47	11	70	0,15	0,26	(1,05)
70	4,5	5	3	0,7	0,57	17	102	0,16	0,40	(1,6)
100	5	6	3,4	0,8	0,66	22	129	0,17	0,52	(2,09)
200	6	8,5	4	0,9	0,87	38	205	0,18	0,91	(3,63)
400	8	11	4,5	1,0	1,15	67	326	0,21	1,60	(6,42)
700	10	14	5	1,1	1,46	107	473	0,23	2,57	(10,3)
1000	12	15	5,5	1,1	1,70	145	600	0,24	3,48	(13,9)
2000	16	19	6,5	1,2	2,29	264	952	0,28	6,33	(25,3)
4000	20	27	7,5	1,4	3,10	483	1512	0,32	11,6	(46,4)
7000	25	31	9	1,4	3,97	792	2196	0,36	19,0	(76,0)
10 000	28	36	10	1,5	4,66	1088	2785	0,39	26,1	(104)
20 000	35	52	11	1,6	6,35	2023	4421	0,46	48,5	(195)

\*) V závorkách jsou příkony pro přebuditelnost 6 dB.

Tab. 17. Obvyklá účinnost reproduktorů [%]

		Reproduktoři		
Přímovyzáující		hi-fi	kvalitní	obyčejné
do průměru 120 mm		-	0,4	až 1,0
středotónové	při $f_{rez} > 100$ Hz	0,5	1,0	3,0
	při $f_{rez} > 40$ Hz	0,3	0,4	0,5
hlubokotónové		1,5	2,5	až 5,0
s kuželovým zvukovodem		-	3,0	až 10,0
Nepřímovyzáující				
s exponenciálním zvukovodem		3,0	7,0	až 15,0
tlakové elektrodynamické		až 10,0	15,0	až 25,0
úzkopásmové (řeč)		-	-	až 50,0
reproduktoři piezoelektrické (nad 3 kHz)		-	0,3	-
reproduktoři elektrostatické		0,1	0,2	0,4

směrovosti  $Q_V$ . Potom můžeme účinnost zářiče vypočítat ze vztahu

$$\eta = \frac{1,25 \cdot 10^{-9}}{Q_V} \cdot 10^{S_L/10}$$

[%; —, dB/V $\sqrt{VA/1 m}$ ].

Neznáme-li ani charakteristickou citlivost, můžeme účinnost odhadnout podle typu reproduktoru. Obvyklé účinnosti reproduktoru pro kmitočty pod 1 kHz jsou v tab. 17.

### 7. 5 Příkon ozvučovací soustavy ve volném prostoru

Pro určení příkonu zářičů ve volném prostoru vycházíme ze vztahu

$$P_p = \frac{p^2 \cdot 4\pi \cdot l^2 \cdot 100}{Z_0 \cdot Q_V \cdot \eta} = 3 \frac{p^2 \cdot l^2}{Q_V \cdot \eta}$$

který můžeme upravit na tvar

$$P_p = 1,21 \cdot 10^{-9} \frac{l^2}{Q_V \cdot \eta} \cdot 10^{L_p/10}$$

kde  $\eta$  je účinnost zářičů [%], nebo za použití charakteristické citlivosti zářiče  $S_L$  na tvar

$$(L_p - S_L + 20 \log l)/10$$

$$P_p = 10$$

kde  $L_p$  je požadovaná hladina akustického tlaku [dB].

$S_L$  charakteristická citlivost zářiče [dB]/ $l/\sqrt{VA/1 m}$   
/ vzdálenost [m], v níž požadujeme hladinu akustického tlaku  $L_p$ .

Pokud je volná plocha  $S$  [m<sup>2</sup>] ozvučována šíkmo, pak pro potřebný příkon zářičů platí

$$P_p = \frac{S}{\eta} \cdot 10^{(L_p - 100)/10} \cos \alpha,$$

kde  $\alpha$  je úhel mezi směrem dopadu zvukových vln a kolmici na ozvučovanou plochu.

Na závěr dosud uvedených kapitol by autoři chtěli poděkovat zvukovému technikovi hudebního souboru KLAXON, ing. Stanislavu Choutkovi, za cenné připomínky a rady při vzniku rukopisu těchto kapitol.

## 8. Obvody pro kytary

### 8.1 Fázovač

V praxi má tento obvod, určený pro hudební soubory, několik názvů: zestrmovač, posouvač fáze, fázovací článek, jev hřebenového filtru, jev stříhacího letounu apod. Poslední název nejlépe vyhovuje, jak výsledný zvuk vypadá. Především v elektronické hudbě je metoda dozívání velmi oblíbena a používá se zejména pro signály s vyšším obsahem harmonických kmitočtů. Ideálním materiálem pro zpracování ve fázovací je michaný záznam, signál z gramodesek a magnetofonových kazet, skupin nástrojů,

zejména bicích, elektrických kytar a sborů. Méně vhodný je pro nástroje sálkové (zobcová flétna).

K dozívání dochází tím, že v kmitočtovém spektru směsi tónů jsou signály daných kmitočtů v daném odstupu potlačovány, případně zdůrazňovány. Sledujeme-li kmitočtové spektrum na analyzátoru spektra, objeví se hřeben – odtud i název jev hřebenového filtru.

Výsledný jev je tedy jasný, je však nutné odpovědět na otázku, jak v praxi daný filtr získat. Jevu lze dosáhnout zpožděním nf signálu o 1 až 15 ms a pak jeho opětným smíšením s originálním signálem. Jednoduše a levně toho dosáhneme fázovacími článci, řazenými za sebou. Pro fázovací článci lze s výhodou použít čtyřnásobné operační zesilovače a spínače CMOS, obvod pak zpracovává signál s amplitudou rovnou přibližně napájecímu napětí, které nesmí být zašuměné a zkreslené. Je zřejmé, že u tohoto filtru vlivem časového posuvu (zpoždění) vzniká kmitočtově závislý fázový posuv.

Z obr. 70a je zřejmé, jak dochází k časovému posuvu: časový posuv je závislý na kapacitě kondenzátoru C. Bohužel, má to jeden háček: časový posuv se zmenšuje s horním mezním kmitočtem, takže ve srovnání s řetězovou pamětí, která má stálý fázový posuv, se amplituda „hřebene“ s rostoucím kmitočtem zmenšuje. Tyto neideální poměry nemusí rušit požitek z hudby, když zvolíme kompromis mezi rentabilitou (počtem obvodů) a kvalitou zvuku (dobrou přenosovou charakteristikou). Optimálního efektu bylo dosaženo při  $C = 4,7 \text{ nF}$  a  $R_1$  až  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ .

Zapojení fázovace je na obr. 70b. Obvod je sestaven z bloku zpoždění signálu (IO<sub>6</sub> až IO<sub>14</sub>), bloku oscilátorů (H<sub>1</sub>, IO<sub>4</sub>) a regulačního stupně (IO<sub>1</sub>, IO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>) a výstupního stupně (H<sub>2</sub>, IO<sub>5</sub>). Oscilátor a regulační stupeň je možné použít k řízení několika obvodů zpoždění signálu (i k většimu počtu, než je v našem zapojení, kde je 16 fázovacích článek, IO<sub>6</sub> až IO<sub>13</sub>, přičemž je zpoždění vyvedeno po osmi článcích).

Na vstupu a na výstupech fázovacích článců jsou vazební kondenzátory (470 nF), které oddělují ss složku signálu a zmenšují ofsetové napětí, které vzniká při řazení většího počtu operačních zesilovačů za sebou. Je zcela přirozené, že je doba zpoždění nastavitevná. Pro tento účel je možné použít řadu možností: OZ, OTA, FET... Nejlépe je však použít rezistory, které jsou připojovány a odpojovány spínačem CMOS, ovládaným signálem vysokého kmitočtu. Při otevřeném spínači je průtok proudu přerušen a příslušný odpor se zvětší; při sepnutém spínači je tomu naopak. Spínací kmitočet hraje podřadnou roli, důležité je jen, jak dlouho je spínač v dané časové jednotce sepnut nebo rozpojen (šířka impulsu). Logicky tedy musí být poměr impuls-mezera stupňovitě měnitelný od 0 do 100 % a všechny spínače musí být řízeny stejným taktovacím kmitočtem. Tento taktovací kmitočet musí pokud možno být nejméně dvojnásobkem nejvyššího nf kmitočtu (20 kHz); v našem případě je to 40 až 50 kHz; pak jsou vyloučena rušení. Ale pozor při záznamu na magnetofon: kmitočet oscilátoru magnetofonu může způsobit rušení.

Taktovací kmitočet 50 kHz je získáván v H<sub>1</sub>. Přes dolní propust R<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> je trojúhelníkovitý signál veden na vstup rychlého operačního zesilovače IO<sub>5</sub>, který pracuje jako komparátor; jeho práh sepnutí je dán napětím na neinvertujícím vstupu. H<sub>2</sub> zpracovává pravouhlé napětí z IO<sub>5</sub>.

Požadavkem je regulace šířky impulsů. K tomu slouží ruční provoz s P<sub>3</sub>, a nf oscilátor (NFO) s integrátorem IO<sub>4a</sub> a klopným obvodem IO<sub>4b</sub>, zapojený ve zpětné vazbě.

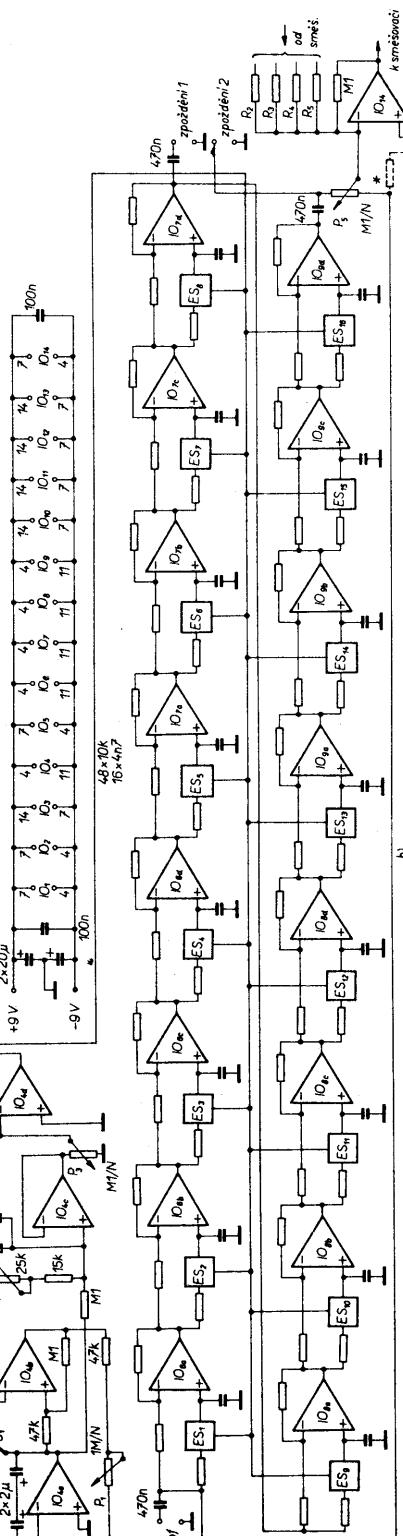
Z hlediska poslechu je lepší šířku impulsu

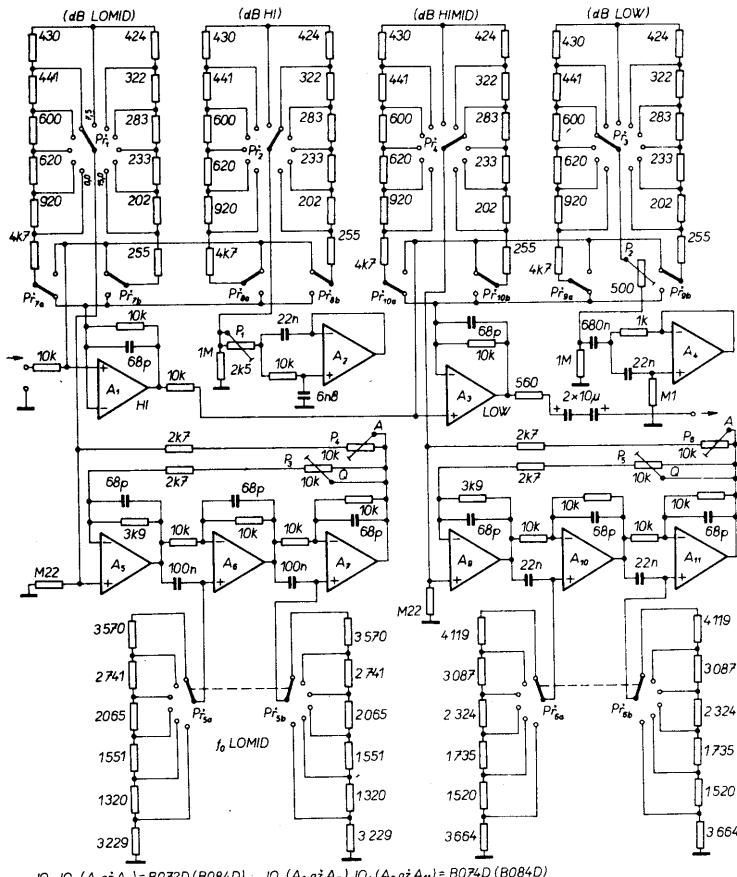
modulovat sinusovým signálem než trojúhelníkovitým. Sinusový signál získáme  $IO_{4c}$  a dvěma omezovacími diodami. Amplituda signálu je  $\pm 0,7$  V a můžeme ji změnit mezi nulou a maximem potenciometrem  $P_1$ . V  $IO_{4d}$  jsou signály z NFO a z „ručního ovládání“ sečteny, tj. libovolně smíseny, práh sepnutí  $IO_{4d}$  je nastaven  $P_3$ .

Bohužel je nutno připomenout, že rozsah nastavení  $P_2$  a  $P_3$  umožňuje pracovat i v „kritické oblasti“, v níž je výstupní napětí z  $IO_{4d}$  pod nebo nad úrovní trojúhelníkovitého signálu na neinvertujícím vstupu  $IO_5$ . To má nepříjemný následek, neboť taktovací signál může být „stržen“, což se projeví praskáním v reproduktoru. To nastává zejména když je impuls velmi úzký (např. poměr impuls/mězení 2 %) a když ještě přimícháme signál z NFO.

Regulační stupeň musí tedy smísený signál omezit a pracuje takto: Druhý hodinový signál je generován  $H_3$ , signál pro dolní větev je invertován  $H_4$ . Oba signály jsou převedeny na úměrné stejnosměrné napětí.  $IO_1$  nebo  $IO_2$  porovnává tato napětí s napětím referenčním. Je-li šířka impulsu větší nebo menší, bude na výstupu této IO kladné nebo záporné napětí, které je po integraci použito k řízení  $IO_{4d}$ . Je zřejmé, že regulační stupeň je závislý na generátoru taktu a na NFO a obě tyto části zapojení se přiliš neovlivňují. Při případném hledání chyby můžeme bez problému regulační stupeň překlepnout.

Doba zpoždění obvodu je asi 6 ms a kmi-



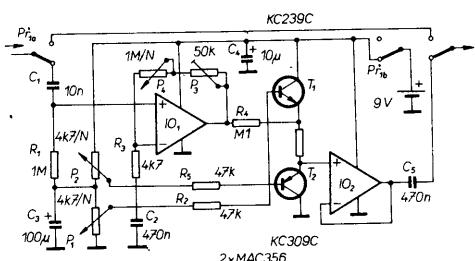


Obr. 72. Ekvalizér pro kytaru

zesílení (případně tlumení). U parametrických filtrů s  $A_5/A_6/A_7$  a  $A_9/A_{10}/A_{11}$  jsou rezistory, které jsou spinány  $P_{r5}$  a  $P_{r6}$  a určují kmitočet. Trimry  $P_4$  a  $P_6$  ve zpětné vazbě se nastavují vnitřní odpor filtru, trimry  $P_3$  a  $P_5$  se nastavují jakost filtru. Ve filtroch je nutné použít rezistory s tolerancí 2 %. Uvedené odpory lze nastavit paralelním spojením dvou rezistorů. Vhodné kombinace:  $202 \Omega = 220/2k2$ ;  $233 \Omega = 270/1k8$ ;  $283 \Omega = 390/1k$ ;  $424 \Omega = 560/1k8$ ;  $430 \Omega = 470/4k7$ ;  $441 \Omega = 470/6k8$ ;  $600 \Omega = 1k/1k5$ ;  $620 \Omega = 680/6k8$ ;  $920 \Omega = 1k/12k$ ;  $1320 \Omega = 2k2/3k3$ ;  $1520 \Omega = 1k8/10k$ ;  $1551 \Omega = 1k6/56k$ ;  $1735 \Omega = 2k2/8k2$ ;  $2065 \Omega = 2k2/33k$ ;  $2324 \Omega = 3k9/5k6$ ;  $2741 \Omega = 3k3/16k$ ;  $3087 \Omega = 3k3/47k$ ;  $3229 \Omega = 3k3/150k$ ;  $3570 \Omega = 6k8/7k5$ ;  $3664 \Omega = 3k9/68k$ ;  $4119 \Omega = 4k7/33k$ .

#### 8.4 Fuzz pro kytaru

Fuzz je efektový obvod obvykle tvořený operačním zesilovačem, který signál z kytary obvykle nezesiluje. Změnou zesílení OZ se mění pouze intenzita „fuzu“. Na obr. 73 je zapojení fuzu, napájeného z jedné baterie



Obr. 73. Fuzz pro kytaru

9 V, který omezuje signál asymetricky. Vyčází se z toho, že v zapojení jsou dvě regulacní větve, jedna pro kladnou a druhá pro zápornou část signálu ( $T_1P_1$  pro zápornou,  $T_2P_2$  pro kladnou). Bude-li napětí báze-emitor tranzistorů větší než 0,5 V, tranzistory povedou a signál bude omezen (fuz-efekt). Tyto stupně jsou zapojeny mezi vstupní zesilovač s proměnným zesílením a výstupní zesilovač  $IO_2$ . Dolnímezzesílení  $IO_1$  se nastavuje  $P_3$ , hornímez  $P_4$ . Trojnásobným spínačem  $S_1$  je možné fuz odpojit.

#### 8.5 Kytarové varhany

Kytarové varhany je nový hudební nástroj, který kromě charakteristického zvuku kytary může napodobit i elektronické varhany. Rozdíl oproti běžné kytare je v tom, že struny byly nahrazeny tlačítka. Běžná kytara má obvykle šest strun. Rozeznáním jednotlivých strun dostaváme základní tóny kytary. Áby bylo možno kromě těchto šesti základních tónů hrát i další tóny, musí se zkrátit efektivní délka struny (přitisknutím struny prstem na jednotlivé prázdné na krku kytary). Akordy jsou vytvářeny současným zněním několika strun, každý akord odpovídá určité poloze prstů.

Místo strun lze použít různé knoflíky nebo tlačítka. Mění-li se výška hraného tónu po týdnech od jednoho knoflíku ke druhému, jsou knoflíky uspořádány stejně jako struny na kytare. Pak se ani způsob hry nemění. Díky použité elektronice je pak možné vytvářet zvuky, které nelze vytvořit na běžné kytare se strunami. Poměry při rozeznání a dozvívání tónů bezestrunné kytary můžeme nastavit tak, že se zvuk nebude lišit od kytary se strunami. Stejně jako u varhan lze měnit i hlasitost tónu. Bude-li mít nástroj volbu charakteru zvuku, pak dostaváme dva nástroje v jednom: kytaru nebo varhany.

Při návrhu vzhledem k finančním nákladům bylo přihlíženo k tomu, aby nástroj

umožňoval hru jako na běžné kytaře s následujícími zjednodušenimi:

- Ruka, kterou na krku nástroje nastavujeme výšku tónu, hraje jen na čtyři ze šesti „strun“ – od vyšších tónů k nižším E', B', G a D.
- Druhá ruka, která se používá k „drnkání“, hraje na pět „strun“. Kytarové varhany určují samy výšku tónu páté struny. Tato „struna“ A, která generuje nízké kmitočty, má stejný rozsah tónů jako „struna“ B nebo G, jen je o oktávu nižší. Při hře na konvenční kytaru by musel hráč hrát na struně A.
- Počet prázdců je snížen na pět. Na konvenční kytaře je jich dvacet i více, všechny se však využívají jen zřídka. Tak je možné omezit počet tlačítek ze 120 na 20 a tím zjednodušit příslušnou elektroniku.

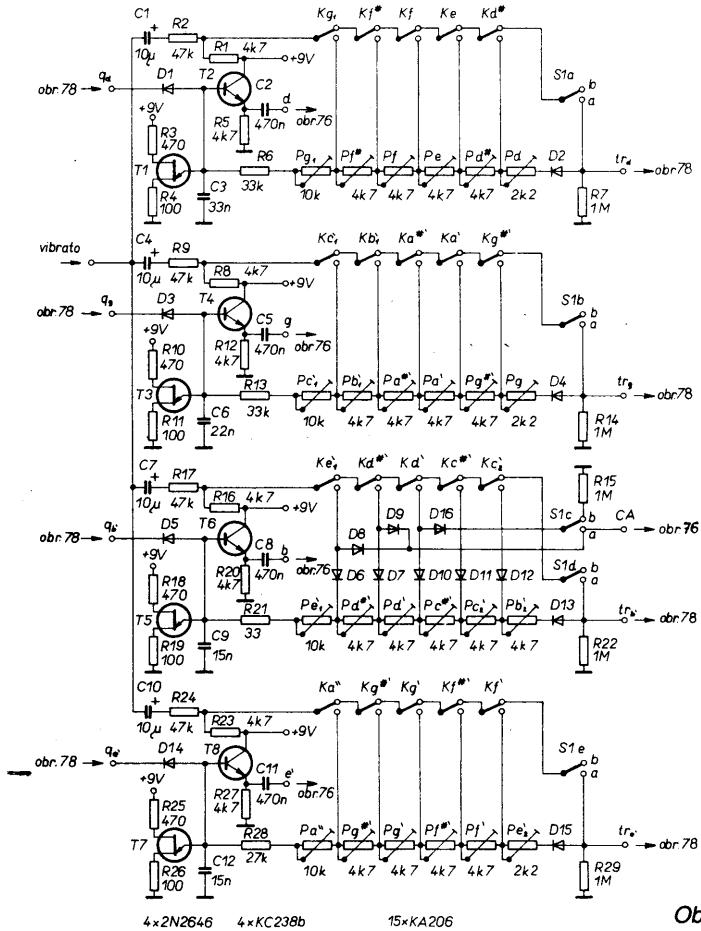
Kytarové varhany jsou sestaveny z 20 tlačítek na krku (dále je budeme označovat jako tlačítka K), pěti tlačítek strun (označená jako S), zesilovače VCA, pěti směšovačů a čtyř generátorů. U tlačítka K jsou tóny označeny indexy. Tóny označené čárkami jsou o oktávu výš než tóny předchozí oktávy. Tak např. c' je o oktávu výš než c, tón a' je o oktávu výš než a'. Při stisku tlačítka S se rozezná tóny A, D, G, B' a E'. Výška tónu je určena současným stiskem tlačítka K a S. Při stisku S\_A kytarové varhany dávají tón, jehož výšku lze nastavit. Základní tóny e', b', g, d zaznějí, když stiskneme tlačítka S. Tlačítka S jsou vypínačové a kytarové varhany pak reagují stejně jako při trvalém stisku všech pěti tlačítka S.

Každým ze čtyř skupin tlačítka je řízen kmitočet oscilátoru struny. V následujícím děliči jsou kmitočty oscilátoru jednou nebo několikrát děleny dvěma. Absolutní rozsah tónů nástroje byl proti dřívějším předpokladu rozšířen. Přes směšovač jsou výstupní signály děličů podobně jako u elektronických varhan sloučeny do jednoho signálu. Tlačítka S jsou řízeny generátory obalové křivky. Jejich výstupní signál určuje amplitudu příslušné „struny“. Jako poslední je stupeň, který na signále moduluje signál obalové křivky. U syntezátoru se tento stupeň nazývá VCA (Voltage Controlled Amplifier). I přes uvedená zjednodušení je zapojení kytarových varhan značně rozsáhlé. Různé možnosti hry vyžadují velký počet propojek mezi jednotlivými funkčními bloky. Rovněž je značný i počet trimrů k nastavování.

Kytarové varhany jsou sestaveny z těchto obvodů: Na obr. 74 je zapojení čtyř oscilátorů s příslušnými tlačítky K. Na obr. 75 je zapojení dvou typů děličů a na obr. 76 je propojení oscilátorů a děličů. Na obr. 77 je zapojení generátoru obalové křivky (perkuze). Celkové propojení všech těchto generátorů je na obr. 78. Na obr. 79 je zapojení oscilátoru vibráta. V jednotlivých obrazcích jsou uvedeny vstupy a výstupy signálů a jejich propojení v jednotlivých dílech. Zvláštní skupiny tvoří signály A, D, G, E', B', což jsou optické signály generované diodami LED a přijímané fotodopory  $R_f$  ( $R_E$  až  $R_A$  na obr. 76).

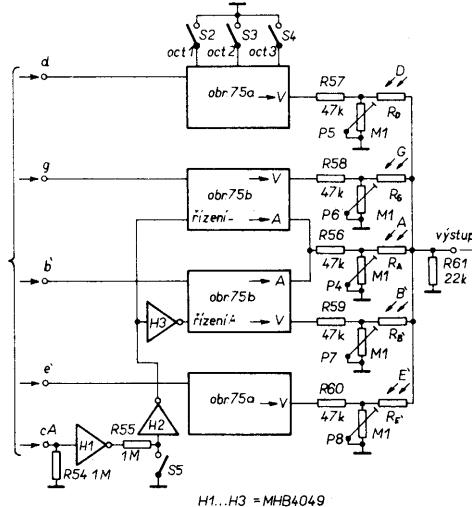
Zapojení oscilátoru strun s příslušnými tlačítky K je na obr. 74. Tlačítka K jsou uspořádána do čtyř řad po pěti tlačítkách. Pro oscilátor je použit tranzistor s jedním přechodem (unijunction), který lze nahradit kombinací tranzistoru n-p-n a p-n-p. Kmitočet oscilátoru je určen kondenzátorem  $C_3$  a sériovým zapojením pevného rezistoru  $R_3$  a šesti trimrů. Těmito trimry se nastavují jednotlivé tóny. Není-li žádné tlačítko K příslušné struny stisknuto a je-li přepínač S v poloze a, generuje oscilátor tón dané struny a účinně jsou všechny trimry. Je-li S v poloze b, pak je oscilátor při nestisknutém tlačítku K mimo provoz. Ke každému oscilátoru je připojen jeden elektronický spínač s tranzistorem ( $T_2$ ,  $T_4$ ,  $T_6$  a  $T_8$ ), který je řízen signály  $q_d$  až  $q_e$  z obr. 78. Signály  $tr_d$  až  $tr_e$  probíhají obráceně a umožňují obvodu na

obr. 78 rozlišit tlačítka K a udávají počátek náběhu tónu. Obvod struny B' je o něco komplikovanější, neboť struna B' dodává současně signál CA, který je potřebný k řízení výšky tónu páté struny. Když  $CA = H$ , pak je tón struny A odvozen ze struny G, když  $CA = L$ , přebírá tuto funkci struna B'. Signál CA způsobuje, že tóny struny A jsou mírně méně v tónovém rozsahu struny D.

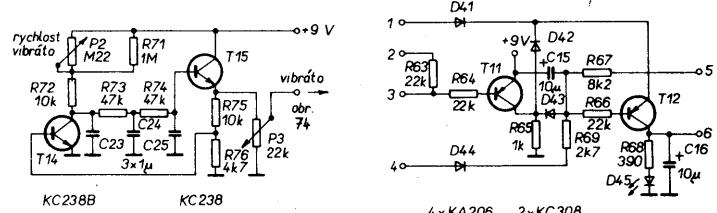


V kytarových varhanách jsou použity dva typy děličů. První, jednodušší typ děliče, je použit pro vnější strunu E' a D a druhý, složitější typ, je použit pro strunu B' a G (obr. 75). Druhým typem děliče je generován tón struny A. Celkové propojení děličů je na obr. 76. Pro děliče jsou použity klopné obvody MHB4013, jejichž výstup Q je propojen se vstupem D. Úkolem děličů je rozšířit absolut-

ní rozsah tónů. Která oktava při hrani na nástroj bude znít, závisí na signálech oct 1 až oct 3. Spínač  $S_2$  až  $S_4$  na obr. 76 je nastaveno napětí na příslušných vstupech na obr. 75. Základní polohy je dosaženo, je-li příslušný spínač odpojen. Spínač  $S_2$  zapíná dolní, spínač  $S_3$  střední a  $S_4$  horní polohu. Na obr. 76 je také vstup CA, který přes invertory řídí vstup „řízení A“ obou děličů typu II na obr. 76 a určuje, z které „struny“ je tón struny A odvozen. Je-li sepnut spínač  $S_5$ ,

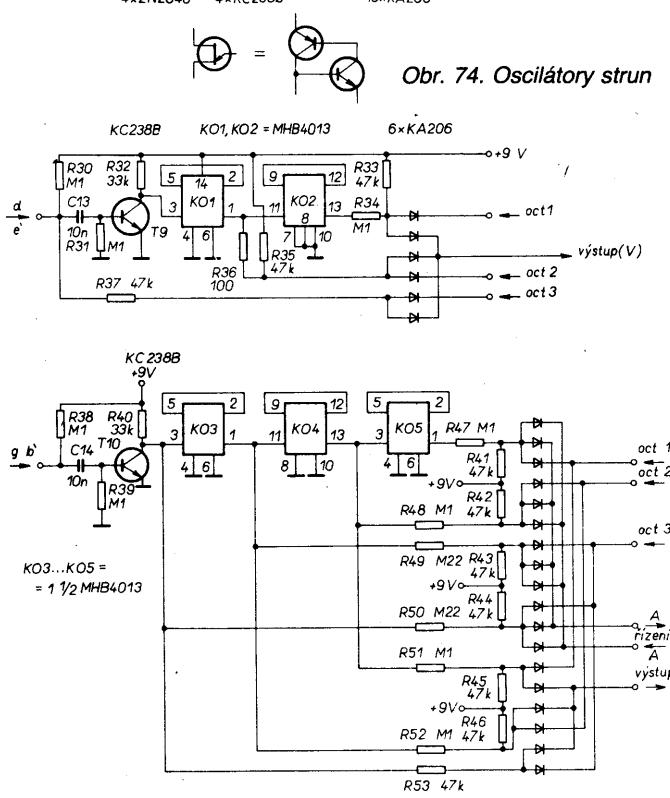


Obr. 76. Propojení oscilátorů a děličů

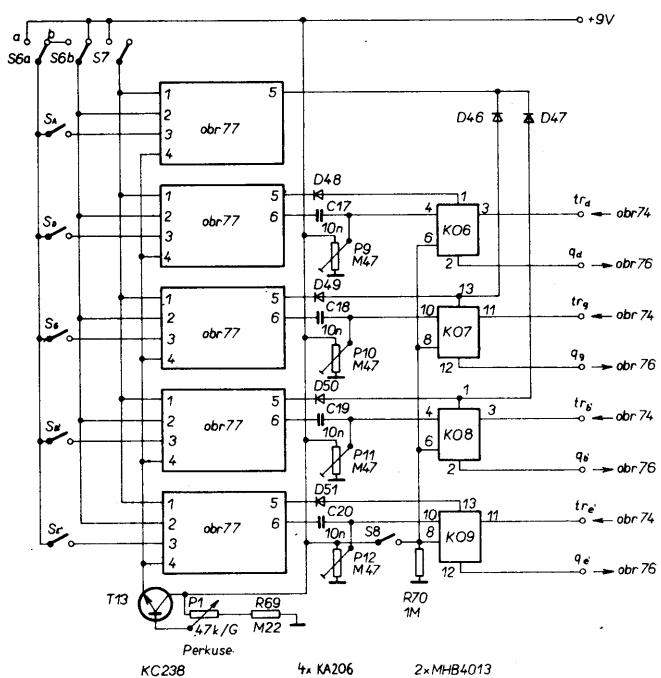


Obr. 79. Generátor vibráta

Obr. 77. Perkusní jednotka



Obr. 74. Oscilatory struny



Obr. 78. Propojení generátoru

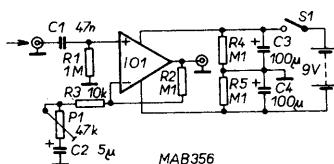
dává struna A tón, který je o oktávu nižší než tón struny G. Zvuk kytarových varhan je podobný sboru. Výstupní signály z děličů jsou sloučeny do jednoho signálu odporové matici. Tón A páté struny vzniká propojením výstupů A děličů II. V každé větví odporové matici je fotorezistor. Intenzita světla na něj dopadajícího určuje jeho odpor a tak i hlasitost tónu příslušné „struny“ ve výstupním signálu. LED a R<sub>1</sub> spolu s rezistory tvoří pět jednoduchých VCA. Výstupním signálem na obr. 76 (popř. upraveným ve filtroch) je buzen koncový zesilovač. Při perkusi hlasitost se rychle zvětšuje při nasazení tónu a pak se pomalu změní. Originální zvuk kytary má perkusní charakter. U kytarových varhan je stejně dynamiky hlasitosti dosaženo elektronickými prostředky. K tomuto účelu na obr. 76 slouží fotorezistory, tvořící součást děliče napětí, který utlumuje výstupní signál z děliče kmitočtu. Perkusie je dosaženo světelným signálem, který získáme z diody LED D<sub>45</sub>, na obr. 77. Každá LED je opticky vázana s R<sub>1</sub>. Jsou-li spínače S<sub>6</sub> a S<sub>7</sub> v poloze vyznačené na obr. 78, pak tláčítka S<sub>E</sub> a S<sub>A</sub> uvolníjí perkusní jev: Při jejich stlačení se užavře T<sub>11</sub> na obr. 77, takže kondenzátor C<sub>15</sub> se nabije. Po jejich uvolnění se C<sub>15</sub> vybije přes přechod báze-emitor T<sub>12</sub> a LED D<sub>45</sub> se krátce rozsvítí; intenzita světla se mění exponenciálně. Perkusní jednotka na obr. 77 propustí tón teprve po uvolnění tláčítka. Velikost ss napětí v bodě 4 perkusní jednotky určuje dobu dozvívání, napětí lze měnit potenciometrem P<sub>1</sub> (obr. 78).

Budeme-li chtít, aby tón se ozval ihned po stisknutí tláčítka (obr. 78), přepneme S<sub>6</sub> do polohy a. Sepneme-li S<sub>7</sub>, bude nástroj hrát jako varhany, tzn. že tóny nebudou dozvívány, nýbrž budou znít plně po dobu stlačení tláčítka. Při hře jednou rukou jsou tláčítka S mimo funkci a tón se ozve okamžitě po stlačení tláčítka K. Hrajeme-li v poloze „varhany dvouručně“, pak tóny dozvívají po uvolnění tláčítka pozvolně. Tomuto jevu se říká „sustain“. Klopné obvody K<sub>06</sub> až K<sub>09</sub> slouží k tomu, aby byl ihned po uvolnění tláčítka tón přerušen. Kondenzátor C<sub>15</sub> v perkusní jednotce se okamžitě vybije přes výstup Q příslušného KO. Toto utlumení je možné ovládat spínačem S<sub>8</sub>, který působí jako dlaň připojená na strunu. Oscilátory tónů mají na obr. 74 společný vstup pro vibráto, který je napájen z oscilátoru vibráta na obr. 79. Tónové signály jsou jím kmitočtově modulovány. Potenciometrem P<sub>3</sub> řídíme „sílu“ vibráty a P<sub>2</sub> rychlosť vibráty. Má-li P<sub>2</sub> maximální odpor, nevznikají žádné kmity. P<sub>3</sub> můžeme ručně ovládat efekt „vibráto“.

Dioda LED a fotorezistor jsou spolu propojeny tak, že jsou umístěny v jednom pouzdře a chráněny proti okolnímu světlu. Trimry P na obr. 74 se nastavují příslušný kmitočet tónu: g<sub>1</sub> = 784 Hz, f<sup>#</sup> = 740 Hz, f = 698,5 Hz, e = 659,3 Hz, d<sup>#</sup> = 622,3 Hz, d = 587,3 Hz na struně D; na struně G-c<sub>1</sub> = 1046,5 Hz, b<sub>1</sub> = 987,8 Hz, a<sup>#</sup> = 932,3 Hz, a' = 880 Hz, g<sup>#</sup> = 830,6 Hz, g = 784 Hz; na struně B' -e' = 1318,5 Hz, d<sup>#</sup> = 1244,5 Hz, d' = 1174,7 Hz, c<sup>#</sup> = 1108,7 Hz, c<sub>3</sub> = 1046,5 Hz, b<sub>3</sub> = 987,8 Hz; na struně E' -a' = 1760 Hz, g<sup>#</sup> = 1661,2 Hz, g' = 1569 Hz, f<sup>#</sup> = 1480 Hz, f' = 1396,9 Hz, e<sub>3</sub> = 1318,5 Hz.

## 8.6 Předzesilovač pro kytaru

Abychom dosáhli u elektrické kytary charakteristického zvuku, je nutné, aby kytarový zesilovač bezpečně omezoval. Protože výstupní napětí z některých elektrických kytar bývá malé, musíme před zesilovač zapojit



Obr. 80. Předzesilovač pro kytaru

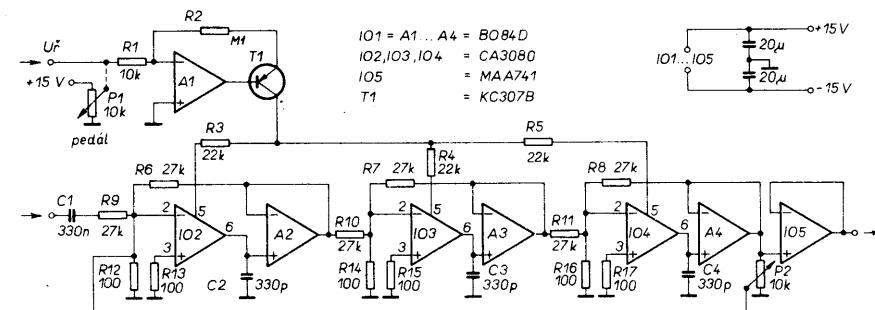
předzesilovač se zesílením asi 10. Zapojení jednoduchého předzesilovače je na obr. 80. Jeho zesílení je dané poměrem  $(R_2 + R_3 + P_1) : (R_3 + P_1)$  a lze ho nastavit od 3 do 11. Výstupní impedance je určena R<sub>1</sub> a je 1 kΩ. K napájení je použita baterie 9 V. Děličem R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub> je napětí 9 V převedeno na ±4,5 V.

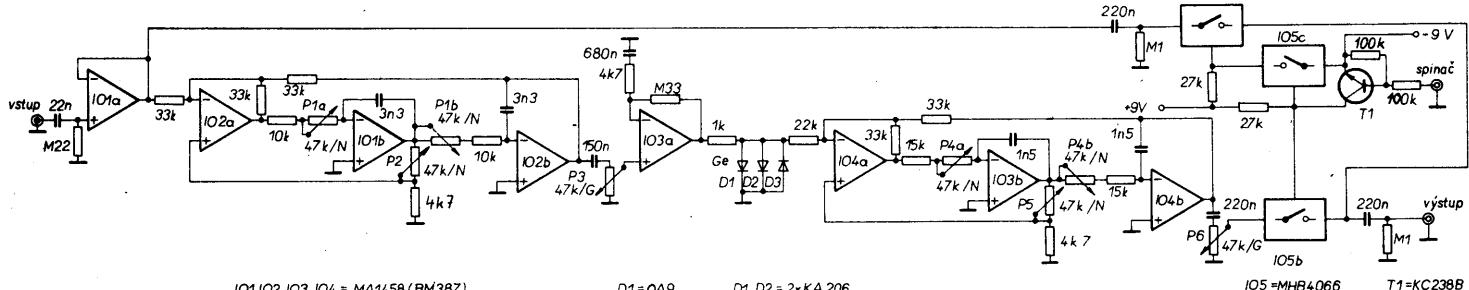
## 8.7 Box wah-wah pro kytaru

Obvodem na obr. 81 lze kytaru napodobit „štěkot psů“. Prakticky lze tento obvod realizovat proměnnou dolní propustí nebo pásmovou propustí s velkou jakostí. V daném zapojení byla použita dolní propust, jejíž mezní kmitočet je určen C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>. Obvyklé sériové rezistory dolní propusti jsou nahrazeny napěťově řízenými zdroji proudu. Mezní kmitočet filtru je určen proudem, který teče vývody 5 IO<sub>2</sub>, IO<sub>3</sub> a IO<sub>4</sub>. Tento proud je úměrný napětí  $U_t = 0$  až 12, které se na proud převádí převodníkem A<sub>1</sub> a T<sub>1</sub>. Zpětnou vazbou lze měnit jakost filtru (P<sub>2</sub>). K ziskání proměnného  $U_t$  můžeme s výhodou použít dale popisovaný nožní pedál.

## 8.8 Nožní pedál (bez potenciometru)

Při hře na kytaru, když potřebujeme měnit během hry hlasitost, musíme použít nožní regulátor hlasitosti. Obvykle v tomto pedálu bývá potenciometr s převody. Doba života takového pedálu je určena dobou života potenciometru. Pedál bez potenciometru využívá elektroniky, takže jeho doba života je podstatně delší. V zapojení na obr. 82 se využívá clonění fotorezistoru, na který svítí D<sub>5</sub>. Clonka mezi D<sub>5</sub> a R<sub>5</sub> je ovládána pedálem hráče. Při zdvihnutém pedálu je odpor fotorezistoru R<sub>6</sub> malý a proto nevzniká na výstupu IO<sub>1</sub> napětí k řízení IO<sub>3</sub>. Úroveň řízení můžeme nastavit P<sub>1</sub>. Při zacloňování R<sub>5</sub> se jeho odpor zvětší, zvětší se i výstupní napětí z IO<sub>1</sub>, kterým je přes převodník napětí-proud IO<sub>2</sub>, T<sub>1</sub> řízen IO<sub>3</sub>, zapojený jako VCA do cest výstupu.





IO1, IO2, IO3, IO4 = MA1458 (BM387)

D1 = 0A9

D1 D2 = 2x KA 206

IO5 = MHB4066

T1 = KC238B

Obr. 83. Tvarovač signálů

### 8.11 Oktálový generátor

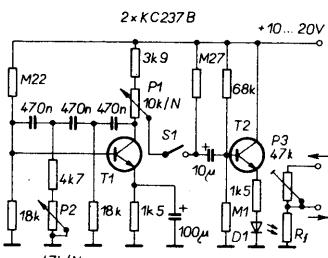
Oktálový generátor je neobvyklý efektový přístroj, neboť neupravuje hudební signál zpracováním, nýbrž kmitočty obsažené v hudebním signálu dělí na polovinu a čtvrtinu vstupního kmitočtu. Signál z elektrické kytry je o jednu až dvě oktavy snížen a smichán se vstupním signálem. Oktálový generátor je jako ostatní efektová zařízení řízen nožním spínačem, umístěným v pedálu. Přístroj vyrábí dva oddělené signály, které mohou být v požadované úrovni smíseny s originálním signálem. Zapojení oktálového generátoru je na obr. 85. Pro vstupní směšovač IO<sub>1</sub> byla použita běžná sčítka LF351. Obvod je napájen usměrněním napětím 9 V. Rezistory R<sub>3</sub> a R<sub>4</sub> tvoří dělič napětí, filtrovaného C<sub>4</sub>, které je zavedeno na neinvertující vstup IO<sub>1</sub>, IO<sub>7</sub> a A<sub>1</sub> a na invertující vstup A<sub>2</sub>. Vstupní zesilovač A<sub>1</sub> je invertující zesilovač se zesílením 40 dB, které lze měnit R<sub>6</sub>. Vstupní impedance zesilovače s R<sub>5</sub> je 100 kΩ. Vzhledem k tomu, že paralelně k této impedance je vstupní impedance směšovače (100 kΩ) a generátoru obálky (R<sub>25</sub>), je celková vstupní impedance oktálového generátoru 25 kΩ. A<sub>2</sub> je zapojen jako Schmittův klopný obvod, jehož hystereze je dáná R<sub>8</sub>. Na výstup A<sub>2</sub> je připojen binární dělič IO<sub>3</sub>, z něhož jsou využity první dva stupně. Tento obvod lze nahradit MHB4013. Výstupy z IO<sub>3</sub> jsou vedeny přes P<sub>1</sub> a P<sub>2</sub> do směšovače A<sub>3</sub>. Vývod 2 IO<sub>3</sub> slouží k nulování a je normálně spojen přes R<sub>9</sub> na zem. Pokud sepneme nožní spínač S<sub>1</sub>, IO<sub>3</sub> se uzavře a generátor je vyřazen z funkce. P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> nastavujeme úrovně signálů, které jsou o jednu a dvě oktavy nižší než základní signál. Z jejich běžců je signál veden do další sčítka A<sub>3</sub>, která má zesílení menší než 1 a to proto, že vstupní signál má úroveň větší, než je A<sub>3</sub> schopen zpracovat. Dolní propust A<sub>4</sub> má potlačení 18 dB/okt s mezním kmitočtem 250 Hz. Tento kmitočet můžeme měnit změnou R<sub>15</sub> až R<sub>17</sub>. IO<sub>7</sub> je zesilovač napětí, jehož zesílení můžeme měnit P<sub>3</sub> od 0 do 25 dB, takže IO<sub>7</sub> může zpracovávat velký rozsah vstupních napětí. P<sub>3</sub> musíme však pečlivě nastavit: bude-li zesílení malé, bude malé i výstupní napětí; při velkém zesílení bude výstup dlouho otevřen. Výstupní signál IO<sub>7</sub> je usměrněn D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> a vyfiltrován C<sub>12</sub>. Doba náběhu a poklesu musí být co nejkratší, aby generátor obálky dobré zpracoval dynamické změny vstupního signálu, avšak tak dlouhá, aby nebyl signál zkreslen. IO<sub>5</sub> je zesilovač VCA, který je řízen usměrněním napětím z IO<sub>7</sub> přes vývod 5 IO<sub>5</sub>. Protože má výstup IO<sub>5</sub> velkou impedance, je nutné pro buzení IO<sub>1</sub> použít převodník impedance IO<sub>6</sub>. K vypnutí zdroje je možné použít rozpínací kontakt na konektoru „jack“.

### 8.12 Kytarový box

Kytarový zesilovač umístěný v reproduktoričkové skříni tvoří tříkanálový ekvalizér s regulací basů, výšek a středů, tvarovač signálů, dozvukovou jednotku, SVF (state variable filter), směšovač a koncový zesilovač. Funkce ekvalizéru byla popsána u syntezátorů. K úpravě charakteru zvuku slouží různé doplňky, jako je fázovač, chorus, fuzz, wah-wah. Signál upravený fázovačem a obvodem wah-wah lze také jednoduše získat obvodem SVF. Smísením tří výstupů těchto filtrů můžeme dosáhnout stupňovitého přechodu od lineárního kmitočtového charakteristiky k funkci dolní a horní propusti. Na obr. 86 je filtr SVF tvořen A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> a může pracovat jako pásmová, dolní a horní propust, podle toho, z kterého OZ je signál vyveden. Tandemovým potenciometrem P<sub>3</sub> nastavujeme střední kmitočet. Na výstupu A<sub>2</sub> budou kmitočty, které jsou nad středním kmitočtem. Na výstupu A<sub>3</sub> jsou kmitočty blízké přednastavenému střednímu kmitočtu a na výstupu A<sub>4</sub> kmitočet pod středním kmitočtem. Přepínačem S<sub>1</sub> lze ke tvarovači přivést jak nezkreslený, tak odfiltrovaný signál z kytry. P<sub>2</sub> nastavujeme zesílení A<sub>5</sub> v širokých mezích. To je nutné, protože tvarovač pro svou funkci potřebuje minimální úroveň, aby pracoval jako omezovač. Použitím tří páru diod je dosaženo pozvolného nasazení omezení. Díky P<sub>6</sub> až P<sub>9</sub> se mohou výstupní signály z filtru SVF a omezovače vzájemně míšit, aníž by se ovlivňovaly. P<sub>10</sub> nastavujeme zesílení A<sub>7</sub>. Box je doplněn i dozvukovými jednotkami, které jsou buzeny přes IO<sub>3</sub> výstupním signálem směšovače A<sub>7</sub>. Vstupní signál pro dozvuk nastavujeme P<sub>11</sub>. Jako koncový zesilovač byl použit zesilovač 50 W, popsáný dále. Na vstupy stabilizátorů je přiváděno napětí  $\pm 18$  až  $\pm 25$  V. Předzesilovač je navržen tak, že je možné experimentovat se zvukem.

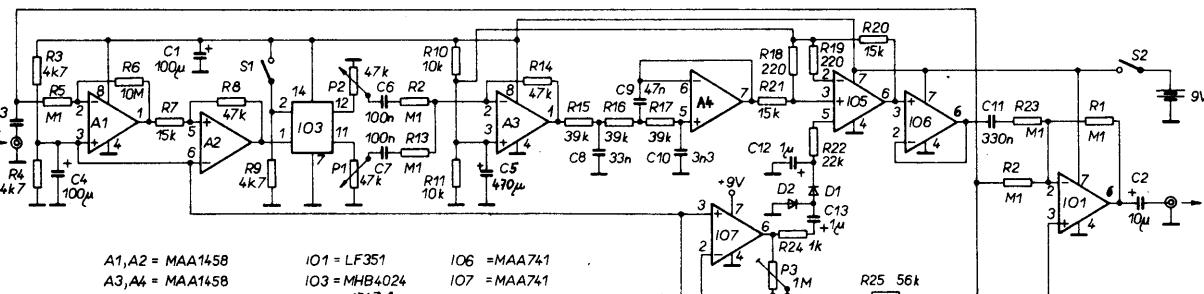
### 8.10 Tremolo s LED

V zapojení na obr. 84 byla obvyklá žárovka nahrazena LED. Obvod je sestaven z oscilátoru T<sub>1</sub>, jehož kmitočet lze měnit P<sub>2</sub> od 2 do 9 Hz, P<sub>1</sub> měníme hloubku modulace.

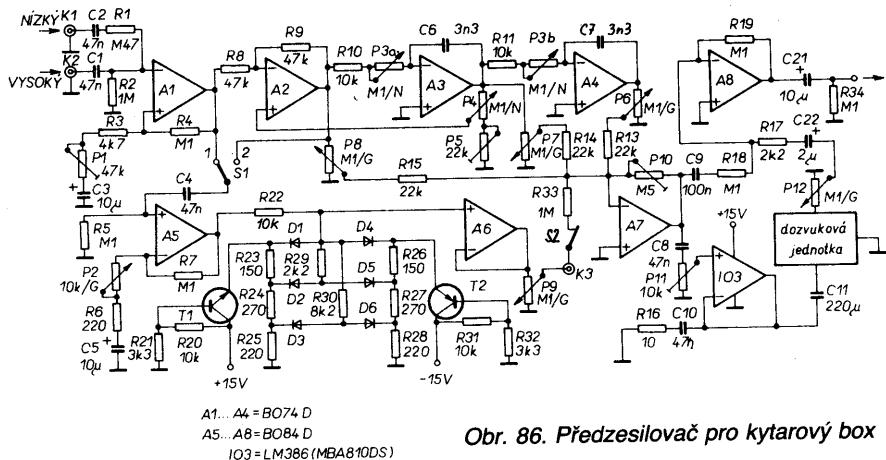


Obr. 84. Tremolo s LED

Signál je přes spínač S<sub>1</sub>, kterým připojujeme oscilátor T<sub>1</sub>, veden na zesilovač T<sub>2</sub>, v jehož emitoru je zapojena D<sub>1</sub>, která svým světlem mění odporník fotorezistoru. LED a fotorezistor jsou opticky vázány a musí být odstíněny od okolního světla. P<sub>3</sub> umožňuje přednastavit požadované tremolo.



Obr. 85. Oktálový generátor



Obr. 86. Předzesilovač pro kytarový box

1. Hra bez tvarovače:  $P_9$  nastavíme na nulu,  $P_6$  (basy),  $P_7$  (středy) a  $P_8$  (výšky) můžeme odpovídající kmitočty utloumat nebo zcela potlačit. Jsou-li tyto potenciometry nastaveny na stejnou hlasitost, pak nebudé kytarový tón téměř ovlivněn. Při chybějících středech dostáváme zvuk, podobný „koupací vaně“. Při použití jen korektoru středů zni zvuk jako z gramofonového trichtryče.  $P_4$  ovlivňuje jakost filtru, tedy strmost propustné křivky. Při velké jakosti mohou ve spojení s funkcí pásmové propusti vzniknout umělé rezonanční špičky, které kytarovému tónu dávají typické zabarvení. Změna  $P_3$  způsobuje při velkém činiteli  $Q$  a nastavení na dolní propust efekt wah-wah. Při malém  $Q$  a chybějících středech je zvuk jako při použití fázovače, měníme-li pomalu kmitočet  $P_3$ . Proto je nutné při maximální strmosti nastavit  $P_5$  tak, aby se i při maximálním  $Q$  filtr nerozkmital.

2. Hra s tvarovačem: Bude-li  $S_1$  v poloze 1, tak bude kytarový signál úplně zkreslen. Zkreslený signál může být přimíšen k originálnímu signálu. Rovněž je možné přes konektor  $K_3$  připojit nožní spínač. Když chceme poslouchat jen zkreslený signál, musí být  $P_6$  až  $P_8$  na minimu. Stupeň zkreslení se nastavuje  $P_2$ . Přepneme-li  $S_1$  do polohy 2, pak je část kytarového tónu zkreslena a stupeň zkreslení nastavujeme  $P_3$ . Smísíme-li zkreslené výšky s nezkreslenými basy, pak vznikne chrapavý tón, který běžnými tvarovači nelze vytvořit.

## 9. Elektronické bicí nástroje

## 9.1 Elektronický bubeník

Současné skupiny zábavné hudby používají ve stále větší míře tzv. elektronického bubeníka. Elektronické bubeníky můžeme rozdělit podle provedení na dvě skupiny. Při digitální verzi je zvuk bubnu digitálně zapsán v paměti ROM nebo EPROM a může se měnit změnou této paměti. U druhé skupiny, které věnujeme dále pozornost, je pro každý buben použit vlastní malý syntezátor. Přednost tohoto systému spočívá v tom, že je možné nastavit různé zvuky a ty snadno měnit. Nedostatkem je to, že přirozeného zvuku bubnu není možné zcela dosáhnout. Dále popisovaný elektronický bubeník je sestaven ze šesti modulů bubnů, jednoho součtového modulu a napájecího zdroje. Každý modul bubnů je samostatně nastavitelný. Šesti potenciometry se nastavují kmi-

točet, doba náběhu (attack), doba dokmitávání (decay), kmitočtová modulace (bend), hlasitost šumu (noise volume), zvuk šumu (noise tone). Dále je na předním panelu tohoto modulu šest odporových trimrů, kterými je možné nastavit potřebný zvuk. Na panelu je páčkový přepínač a LED. V součetovém modulu jsou výstupní signály z modulů bubnů bez ovlivňování smíšeny a nastavena základní hlasitost. Výstupní signál je vyveden na zdírky „mono“ a na dvě zdírky „stereo“. Výstup „mono“ má v cestě zapojen tónový korektor a může být přímo monitorovací zesilovač.

Srdcem bubenika je bubnový syntezátor, tvořený piezoelektrickým snímačem, předzesilovačem, tvarovačem impulsů, obvodem „obálky“, VCO, zdrojem šumu, směšovačem, VCA a převodníkem impedance. U elektronického bubenika se hraje na tzv. bloky, které v ideálním případě nevydávají žádný zvuk. Úkolem „bloku“ je generovat impuls, jehož amplituda je úměrná intenzitě úderu. Impuls je snímán piezoelektrickým snímačem, který je upevněn na vnitřní straně bětic plochy „bloku“. Výstupním napětím piezoelektrického snímače je řízen bubnový syntezátor. Piezoelektrický snímač je možné nalepit i do běžného bubnu. Výstupní signál z „bloku“ je přiveden na vstup předzesilovače, jehož vstupní citlivost je nastavitelná. Amplituda zesíleného signálu musí být vyhodnocena, abychom získali informaci o hlasitosti. Proto je tento impuls nejdříve usměřen a integrován a v následujícím obvodu přiveden na napětí s logaritmickým průběhem. Tato úprava je potřebná, aby byl průběh dynamiky přiměřený a aby se zabránilo tomu, že bude bubnový syntezátor přebuzen při pádu „bloku“. Bodu lomu křivky bylo dosaženo pokusně a to tak, aby byl průběh dynamiky přirozený (v zapojení na obr. 87 asi 40 dB). Záznam nebo snímání přirozeného tónu bubnu probíhá podle exponenciální funkce a obálku lze jednoduše získat nabíjením a vybíjením kondenzátoru. Časová konstanta je dána  $C_4$  a  $P_2/P_3$  (attack) a  $P_4, P_5$  (decay). Uvedené potenciometry se přepínají analogovým multiplexerem IO<sub>2</sub>. Abychom dosáhli velmi silného úderu, musí být kondenzátor  $C_4$  ve velmi krátké době nabít; proto je výstupní proud  $A_2$  zvětšen tranzistorem  $T_1$ . S uvedenými hodnotami je minimální doba náběhu 250  $\mu$ s a maximální doba dozvívání 2 s. Napětí obálky, vzniklé na  $C_4$ , je vedené na zesilovač  $A_3$ , z něhož je přes převodník  $U/I$  s  $T_2$  řízen VCA IO-

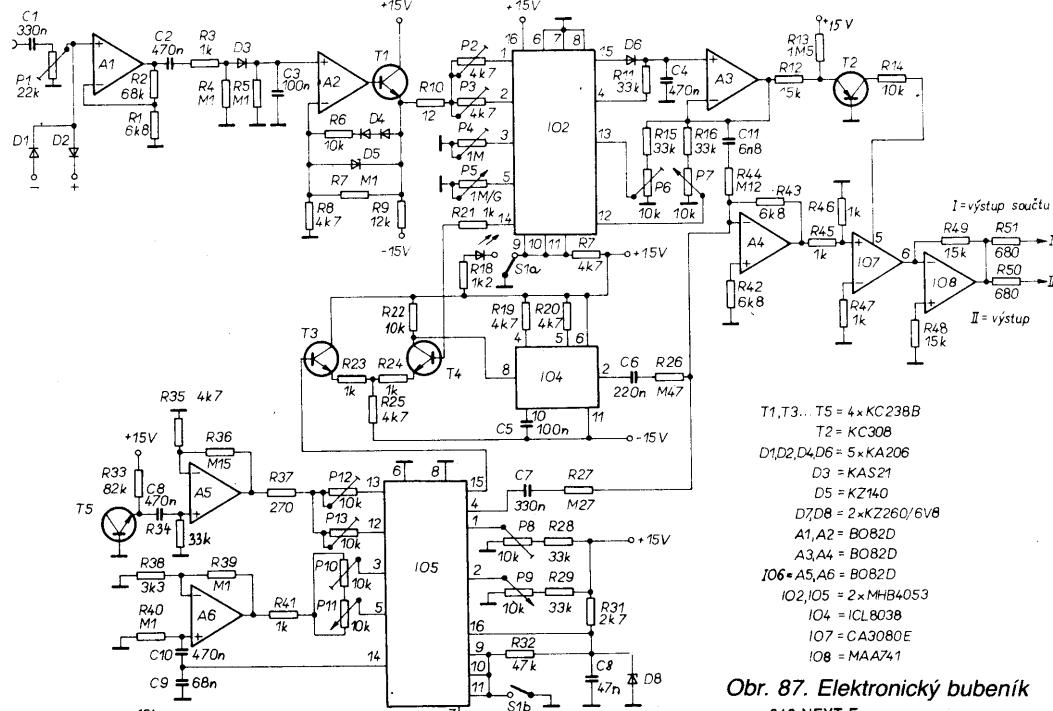
Aby se dosáhlo přirozeného tónu bubnů, musí se generovat sinusový signál napěťově řízeným generátorem funkcí VCO (ICL8038). Sinusový signál je u IO<sub>4</sub> na vývodu 2 a kmitočet lze nastavit stejnosměrným napětím na vývodu 8. Tento vývod můžeme použít i ke kmitočtové modulaci, když před rádiem směšovač. Kmitočet nastavujeme P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub> a kmitočtový zdvih P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>. Napětí pro

kmitočtovou modulaci je odebíráno z generátoru obálky. Zapojení  $IO_5$  je odlišné od zapojení  $IO_2$ , protože  $IO_5$  zpracovává také střídavé napětí. Proto je jej nutné napájet symetrickým napětím, které je stabilizováno na  $\pm 6,8$  V diodami  $D_7$ ,  $D_8$ . Rídící napětí je vztaženo vůči zemi. Zdroj šumu je sestaven z  $IO_6$  a  $T_5$ . Šum přechodu emitor-báze  $T_5$  je zesílen  $A_5$ . Mezi oběma zesilovači šumového generátoru je zapojena dolní propust s nastavitevním mezním kmitočtem ( $P_{12}$ ,  $P_{13}$  a  $C_9$ ),  $P_{10}$  a  $P_{11}$  na výstupu  $A_6$  se nastavuje hlasitost šumových složek. Výstupní signál z VCO a zdroje šumu je smísen v  $A_4$  a použit k řízení VCA. Přes obvod  $R_{44}$ ,  $C_{11}$  je přivedena do směšovače i část vzestupné hrany signálu obálky. To způsobuje při velmi krátké době nábehu vytvoření ostrého jehlového impulsu při nábehu tónu bubnu. Akusticky se to projeví jako velmi silný úder do bubnu. Při malé časové konstantě obvodu RC tento impuls zmizí. Zapojení součtového modulu je na obr. 88. Modul je tvořen stereofonním směšovačem a monofonním stupněm s aktivními korekcmi. Výstupní signál ze syntetizátoru bubnů je přes regulátory úrovně přiveden na rezistorovou matici, která určuje „polohu“ bubnů při stereofonní reprodukci. Každý vstup je při tom přes dva rezistory rozdělen do dvou součtových zesilovačů (levého a pravého kanálu). Odopry rezistorů jsou voleny tak, že součet napětí obou kanálů je konstantní. Lze dosáhnout toho, že součet vodivosti obou rezistorů bude konstantní (v našem případě součet vodivostí je  $0,2$  mS s přesností 5 %). Poměrem odporu rezistorů můžeme nastavit „polohu“ bubnu. Dělením odporu menšího rezistoru odporem větším dostaneme např. výsledek 0,1, což určuje polohu bubnu 10 % od levého nebo pravého okraje stereofonní báze. Pro monofonní výstup jsou výstupní signály levého a pravého kanálu znovu sečteny a přivedeny do aktivního korektoru, na jehož výstupu je signál pro přímé řízení monitorovacího zesilovače. Napájecí zdroj dodává napětí  $\pm 15$  V/0,5 A.

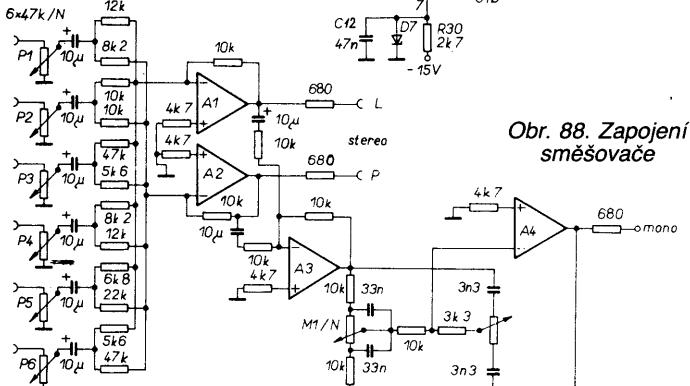
„Bloky“ jsou zhotoveny z rámečku z borových listů  $40 \times 20$  mm, na nějž jsou přilepena víka z překližky tl. 6 mm. Na horním víku je nalepen piezoelektrický snímač nebo vložka z kryštálového mikrofonu a to zespodu. Shora je nalepena pravý tl. 2 až 4 mm.

## 9.2 Programovateľný generátor rytmu

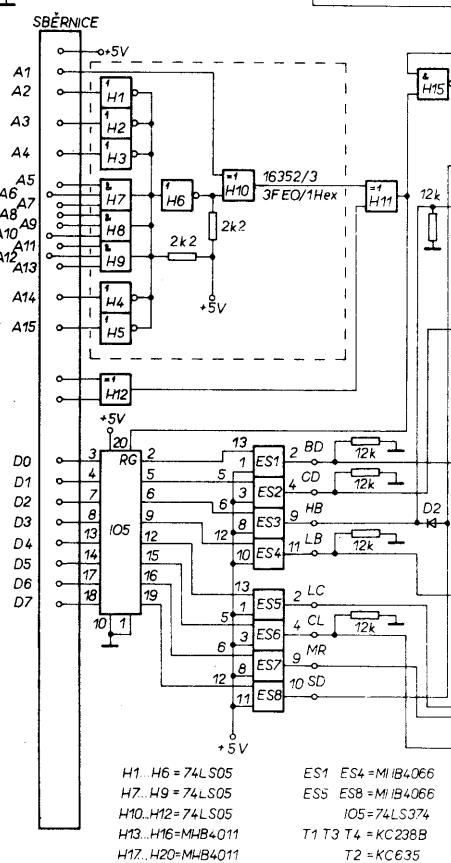
V zapojení na obr. 89 je osm programovatelných generátorů různých bicích nástrojů – velký buben, kotel, kongo, dvě různá bonga, marakas, tympany a činely. Aby generátory pracovaly, musíme na řídici vstup přivést určitou logickou úroveň a tu ménit. Je třeba stanovit, v jakém sledu a v jakém tempu mají být jednotlivé nástroje řazeny. To lze provést programem na mikropočítači. Velmi dobré lze pro tento účel využít 8bitových domácích mikropočítačů. Radou dat v binární hodnotě je aktivován jeden nebo druhý tónový generátor s pevně nastaveným rytmem. Každému nástroji je přidělen jeden bit z 8bitového slova. Tak např. velkému bubnu patří slovo 000 0001. Když jsou všechny bity nulové, nebude hrát žádný nástroj. Když jsou všechny bity 1, znějí všechny nástroje najednou. Od tří nástrojů výše přestává být poslech požitkem. Na jedné straně máme binární slovo z počítače a na druhé straně osm generátorů. Binární slovo u ZX81 lze odebrát přímo ze sběrnice; u ostatních systémů je vhodné na výstupní port připojit periferní jednotky (VIA, PIA, PIO). Pro logiku rytmů potřebujeme tabulku s daným počtem prvků, které jsou instrukcí DIM (v BASIC) stanoveny předem. Podle toho, kolik prvků tato tabulka obsahuje, je opakován sled rytmů delší nebo kratší. Jednoduchou instrukcí POKE je datové slovo připojeno na tónový generátor. Principiálně lze progra-



Obr. 87. Elektronický bubeník



Obr. 88. Zapojení směšovače



Obr. 89. Programovatelný generátor rytmů

### Tabulka programu pro ZX81

```

10 PRINT"1=Beat 2=WALTZ"
20 PRINT"3=TANGO 4=SAMBA"
30 PRINT"5=BOSSANOVA 6=ROCK AND ROLL"
40 PRINT"7=BEGUINE 8=HABANERA"
50 PRINT
60 PRINT"CHOOSE A RHYTM"
70 INPUT A
80 PRINT A
100 IF A=8 THEN GOTO 60
110 PRINT
120 PRINT"CHOOSE A TEMPO /1-10/"
130 INPUT B
135 FAST
140 PRINT B
150 IF B=10 THEN GOTO 120
160 IF A=1 THEN GOSUB 1000
170 IF A=2 THEN GOSUB 1500
180 IF A=3 THEN GOSUB 2000
190 IF A=4 THEN GOSUB 2500
200 IF A=5 THEN GOSUB 3000
210 IF A=6 THEN GOSUB 3500
220 IF A=7 THEN GOSUB 4000
230 IF A=8 THEN GOSUB 4500
240 CLS
250 PRINT"TYPE 1 TO STOP"
260 FOR C=1 TO D
270 POKE 16352?A/C/
280 FOR E=1 TO B
290 POKE 16352,0
300 IF INKEY $="1" THEN GOTO 9000

```

```

310 NEXT E
320 NEXI C
440 GOTO 260
1000 LET D=16
1010 DIM A/16/
1020 LET A/1/=65
1030 LET A/2/=0
1040 LET A/2/=65
1050 LET A/4/=0
1060 LET A/5/=192
1070 LET A/6/=0
1080 LET A/7/=65
1090 LET A/8/=128
1100 LET A/9/=65
1110 LET A/10/=0
1120 LET A/11/=192
1130 LET A/12/=1
1140 LET A/13/=64
1150 LET A/14/=128
1160 LET A/15/=65
1165 LET A/16/=64
1170 RETURN
1600 LET D=6
1510 DIM A/6/
1520 LET A/1/=1
1530 LET A/2/=0
1540 LET A/3/=128
1550 LET A/4/=0
1560 LET A/5/=128
1570 LET A/6/=0
1580 RETURN
2000 LET D=16
2010 DIM A/16/
2020 LET A/11/=33
2100 LET A/9/=33
2110 LET A/10/=0
2120 LET A/11/=33
2130 LET A/12/=0
2140 LET A/13/=33
2150 LET A/14/=0
2160 LET A/15/=33
2170 LET A/16/=48
2180 RETURN
2500 LET D=16
2510 DIM A/16/
2520 LET A/1/=164
2530 LET A/2/=0
2540 LET A/3/=164
2550 LET A/4/=0
2560 LET A/5/=2
2570 LET A/6/=2
2580 LET A/7/=2
2590 LET A/8/=164
2600 LET A/9/=0
2610 LET A/10/=36
2620 LET A/11/=2
2630 LET A/12/=36
2640 LET A/13/=36
2650 LET A/14/=0
2660 LET A/15/=36
2670 LET A/16/=0
2680 RETURN
3680 RETURN
3000 LET D=16
3010 DIM A/16/
3020 LET A/1/=145
3030 LET A/2/=16
3040 LET A/3/=48
3050 LET A/4/=145
3060 LET A/5/=17
3070 LET A/6/=16
3080 LET A/7/=176
3090 LET A/8/=16
3100 LET A/9/=17
3110 LET A/10/=16
3120 LET A/11/=176
3130 LET A/12/=17
3140 LET A/13/=17
3150 LET A/14/=144
3160 LET A/15/=48
3170 LET A/16/=16
3180 RETURN
3500 LET D=16
3510 DIM A/16/
3520 LET A/1/=19
3530 LET A/2/=16
3540 LET A/3/=144
3550 LET A/4/=147
3560 LET A/5/=19
3570 LET A/6/=16
3580 LET A/7/=144
3590 LET A/8/=16
3600 LET A/9/=19
3610 LET A/10/=16
3620 LET A/11/=144
3630 LET A/12/=147
3640 LET A/13/=19
3650 LET A/14/=16
3660 LET A/15/=144
3670 LET A/16/=16
4000 LET D=16
4010 DIM A/16/
4020 LET A/1/=21
4030 LET A/2/=129
4040 LET A/3/=1
4050 LET A/4/=144
4060 LET A/5/=5
4070 LET A/6/=129
4080 LET A/7/=21
4090 LET A/8/=129
4100 LET A/9/=5
4110 LET A/10/=129
4120 LET A/11/=17
4130 LET A/12/=129
4140 LET A/13/=21
4150 LET A/14/=129
4160 LET A/15/=5
4170 LET A/16/=129
4180 RETURN
4500 LET D=16
4510 DIM A/16/
4520 LET A/1/=6
4530 LET A/2/=49
4540 LET A/3/=49
4550 LET A/4/=2
4560 LET A/5/=6
4570 LET A/6/=49
4580 LET A/7/=4
4590 LET A/8/=49
4600 LET A/9/=19
4610 LET A/10/=49
4620 LET A/11/=49
4630 LET A/12/=2
4640 LET A/13/=6
4650 LET A/14/=49
4660 LET A/15/=2
4670 LET A/16/=49

```

9000 CLS  
 9010 PRINT "ANOTHER RHYTM(Y-N)"  
 9020 INPUT F\$  
 9030 INPUT F\$  
 9040 IF F\$="Y" THEN GOTO 10  
 9050 STOP

mem v jazyce BASIC rytmu hrát libovolně rychle.

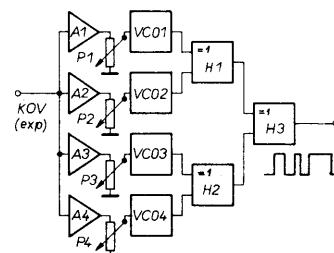
Rozhraní mezi počítačem a generátorem rytmu je na obr. 89; zarámovaná část je určena speciálně pro ZX-81 pro kódování adres. Protože logická úroveň na vodiči A0 nemá na obvod žádný vliv, je tato část obvodu aktivována současně adresou 3FE0<sub>hex</sub> a při 3FE1<sub>hex</sub> (16352 a 16353, dekadicky). Objeví-li se obě adresy na sběrnici, sloučí se logická nula na výstupu H<sub>10</sub> s logickou úrovni na výstupu H<sub>12</sub>, pokud jsou aktivovány vodiče MREQ a WR. V tomto případě bude na výstupu H<sub>11</sub> uvolňovací signál rozhraní. U systémů s 6502 jsou signály MREQ a WR nahrazeny signálem R/W. Kódování adres musí být přizpůsobeno invertoři H<sub>1</sub> až H<sub>8</sub> a hradly H<sub>7</sub> až H<sub>9</sub>. Uvolňovací signál z H<sub>11</sub> překlopí monostabilní klopný obvod H<sub>15</sub>, H<sub>16</sub> a přes hradly H<sub>13</sub> a H<sub>14</sub> se rozsvítí D<sub>3</sub>. H<sub>13</sub> a H<sub>14</sub> jsou zapojeny paralelně proto, aby vybudily D<sub>3</sub>, která svítí po dobu adresování rozhraní. Stejný uvolňovací signál řídí 8bitový registr IO<sub>5</sub> (74LS374). Pokud má tento IO na vstupu CLK impuls s náběžnou hranou, naplní se daty ze sběrnice dat počítače. Použijeme-li výstupní port, je tento registr zbytčejší, neboť tato jednotka může shromažďovat data sama. Každý z osmi bitů IO<sub>5</sub> řídí jeden analogový spínač ES<sub>1</sub> až ES<sub>8</sub>, které zamezují intermodulaci mezi nástroji a tak zlepšují poměr šum/ticho. Příslušné generátory jsou řízeny přes spínače ES<sub>1</sub> až ES<sub>8</sub>. Použité generátory generují trojí signál: tlumené kmity na daném kmitočtu, bílý a barevný šum a směs obou. Tlumené kmity jsou získávány filtrem dvojitého T, který je aktivován řídicím impulsem. Zesílení ve smyčce oscilátorů (H<sub>17</sub> a H<sub>21</sub>) je nastaveno před nasazením oscilací; strmost útlumové křivky je závislá na zesílení. Kmitočet oscilací se mění zmenšenou kapacitou kondenzátorů C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> a C<sub>5</sub> u každého oscilátoru. Výstupní napětí se na stejnou úroveň nastavuje R<sub>8</sub> a je u každého generátoru jiné. P<sub>1</sub> můžeme nastavit zesílení a tím i tlumení generovaného tónu. T<sub>2</sub> je zdrojem bílého šumu, který napájí generátor činél přes C<sub>8</sub> a filtr L<sub>2</sub>, R<sub>25</sub> (zdůrazňuje vyšší kmitočty). Podle řídicího signálu na vstupu článku LC je zvuk činél delší nebo kratší (malý činel), s jasním úderem s delší nebo kratší dobou dozvívání. Zvuk maracas je získán přes stejný filtr, řídicí impuls na vstupu MR je však vytvarován tak, že úder není krátký, nýbrž s dlouhou dobou náběhu, což je typické pro tento nástroj. Pro zvuk kotle je použit oscilátor (určený pro vysoké „bongo“) a šumový filtr. Řídicí impuls SD je vytvarován T<sub>1</sub> a bílý šum je zabarven R<sub>13</sub>, L<sub>1</sub> a C<sub>9</sub>. Tento impuls je přiveden i na vstup HB oscilátoru „vysoké bongo“, dioda D<sub>2</sub> zabraňuje proniknutí impulsu HB na šumový generátor a tím rozsečení kotle. Amplituda bílého šumu pro filtr nastavujeme P<sub>2</sub>. Amplituda šumu pro kotel je závislá na poloze běžeče P<sub>3</sub>. Tlumené kmity základních tónů z generátoru jsou smíseny s bílým šumem. P<sub>4</sub> se nastavuje vstupní úroveň zařízení, P<sub>5</sub> ovlivňuje zábarvení zvuku výstupního signálu („tónování“ výšek).

Bez řídicích impulsů zdroj rytmu nepracuje. Délka řídicího impulsu nemá vliv na oscilátory, ale má vliv na generátor šumu, který bude aktivní, pokud bude na řídicím vodiči logická 1. Programem podle tabulky lze nastavit osm klasických rytmů: při tom je pro

každý rytmus v tabulce 16 prvků (dva takt, čtyři čtvrté takt); jen walz se svým tříčtvrtého taktu má 6 prvků. Každý prvek A(C) je řídicí informací, jejíž vzorek bitů zapíná jeden nebo několik nástrojů. Řídicí signál bude získán smyčkou FOR/NEXT (E) a jeho trvání určuje tempo. Když chceme změnit rytmus, stačí zmáčknout tlačítko „1“. Program v tabulce platí pro ZX81. Projiný počítač pracující v jazyku BASIC lze podobný program sestavit.

### 9.3 Heavy metal generátor pro syntezátor

S tímto generátorem na obr. 90 lze získat zvuky, které se realizují analogovým syntezátorem jen velmi těžko. Dokáže napodobit kovově znějící šumy, jako např. činely u bicích nástrojů. Předpokladem práce generá-



a vstupním odporem omezovače A<sub>1</sub>. Když začnou vést diody, vstupní odpor A<sub>1</sub> se zmenšuje a mezní kmitočet se posouvá směrem nahoru. Nízké kmitočty jsou méně zesiřovány a tím se zlepšuje srozumitelnost. Pro hudbu bude C<sub>6</sub> = 47 nF, C<sub>8</sub> = 470 pF, pro řeč je C<sub>4</sub> = 100 až 220 pF, C<sub>6</sub> = 0 až 4,7 nF a C<sub>8</sub> = 4,7 nF.

### 10.3 Přenosný směšovací pult

Při profesionálním použití je na směšovací pult kladena celá řada požadavků, jako je např. požadavek, že pult musí mít symetrické a asymetrické vstupy a výstupy, samostatně nastavitelné výstupy každého kanálu pro efektová zařízení a monitorovací výstup. Z toho vyplývá, že vstupní citlivost jednotlivých signálů musí být nastaviteľná. Aby bylo možné pult rozšiřovat, je sestaven z modulů: vstupní jednotky mono, vstupní jednotky stereo, sluchátkového a monitorovacího-modulu (výstupní modul 1), výstupního modulu 2 a napájecího zdroje.

Vstupní jednotka MONO – je to jednotka, která bude převážně použita v pultu. Její vstupní citlivost je nastavována regulátorem zisku v rozsahu 0 až +60 dB. K této jednotce jsou připojovány monofonní zdroje signálů, počínaje mikrofonem a konče klávesnicí. Stejně jako ostatní moduly má i tento modul regulátor pro výstup efektových zařízení, třípásmový tónový korektor, špičkový indikátor přebuzení, regulátor-monitor, multitrack nebo PFL a panoramatický regulátor. Symetrické vstupy jsou běžné. Asymetrické vstupy pak dostaneme uzemním jednoho konce symetrického vstupu.

Vstupní jednotka STEREO – je určena pro připojení různých zdrojů signálů. Na vstup tohoto modulu můžeme připojit magnetickou přenosku (MD) nebo pomocný vstup (LINE, když není použit modul MONO), a vstup (Aux) s velkou úrovní přes přepínač. Regulátor vývážení v poloze LINE pracuje jako panoramatický regulátor.

Monitorovací a sluchátkový modul (výstupní modul 1) obsahuje kompletní stereofonní zesilovač pro sluchátka, pomocí něhož lze odposlouchávat signál každého modulu na výstupu LINE, monitor nebo signál PFL před výstupním regulátorem. Oproti druhým modulům má tento modul před tónovým korektorem zapojen parametrický ekvalizér, který je velmi užitečný, má-li monitorovací reproduktor akustickou vazbu s mikrofonem. Na tomto modulu je hlavní regulátor zisku a výstupní konektor pro efektový kanál.

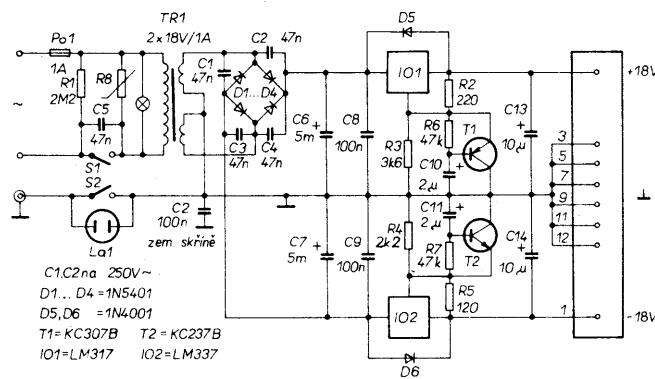
Výstupní modul 2 – kromě tónových korekcí je na něm stereofonní indikátor úrovně s LED (VU-metr). Výstup z modulu je symetrický a asymetrický.

Napájecí zdroj – napájecí napětí pro moduly jsou dvojnásobně stabilizována a to jednak na desce zdroje a jednak u každého modulu. Zapojení prvního zdroje je na obr. 93, který může napájet až 12 modulů. IO<sub>1</sub> a T<sub>2</sub> spolu s obvody RC zpomalují nábeh napájecího napětí, takže při zapnutí se neozve „lupnutí“, R<sub>8</sub> je napěťové závislý rezistor, který potlačuje rušení ze sítě. Tento varistor není nutný, avšak v jevištních podmírkách má své opodstatnění, neboť na jevišti může být uzemňování problematické. Spínačem S<sub>2</sub> můžeme oddělit zem sítě od země krytu – pokud není zem zvolena správně, rozsvítí se doutnavka a vypadnou jističe.

### Vstupní jednotka MONO

Zapojení této jednotky je na obr. 94. A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> a A<sub>3</sub> tvoří tzv. přístrojový zesilovač, který ovšem nepoužívá pro symetrický vstup obvyklý symetrizacní transformátor. Vstup LINE má o 20 dB menší citlivost než vstup MIC. Na pozici A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> je nutno použít operační zesilovač s malým šumem. Do ČSSR se z RSR dováží pro tyto účely OZ BM387.

Obr. 93. Zdroj pro směšovací pult



Rezistory R<sub>1</sub> až R<sub>13</sub> jsou typu TR 191 a aby bylo dosaženo dobré soufázovosti, musí mít toleranci 1 %. Regulátor zisku P<sub>1</sub> musí být co nejvíce kvalitnější, aby se nezvětšoval šum a „škrábání“. Jim se reguluje zisk od 10 do 900. T<sub>1</sub> a T<sub>2</sub> tvoří indikátor špiček. Rezistory R<sub>14</sub> a R<sub>15</sub> jsou nastaveny tak, že mezivrchová prahová úroveň je 9 V (nebo efektivní 3 V), což odpovídá při maximálním zesílení efektivní úrovni 3 mV na vstupu MIC. Paměťový kondenzátor C<sub>3</sub> slouží k tomu, aby bylo zřejmě impulsní přebuzení. Na vazební kondenzátor C<sub>4</sub> jsou připojeny třípásmové korekce – aktivní s A<sub>4</sub>. Regulátor efektu P<sub>2</sub> je samozřejmě připojen před těmito korekciemi. P<sub>6</sub> se nastavuje úroveň na výstupu MONITOR. P<sub>7</sub> (posunový potenciometr) nastavuje výstupní úroveň z modulu. Aby bylo možné nahrávat na vícestopý magnetofon (multitrack), je P<sub>7</sub> tandemový. Zvolí-li se možnost příposlechu (PFL), odpadají C<sub>12</sub>, R<sub>26</sub> a P<sub>7</sub>, je jednoduchý potenciometr s. S<sub>1</sub> a R<sub>22</sub> jsou umístěny vně. P<sub>7a</sub> reguluje výstupní signál a P<sub>8</sub> je panoramatický regulátor.

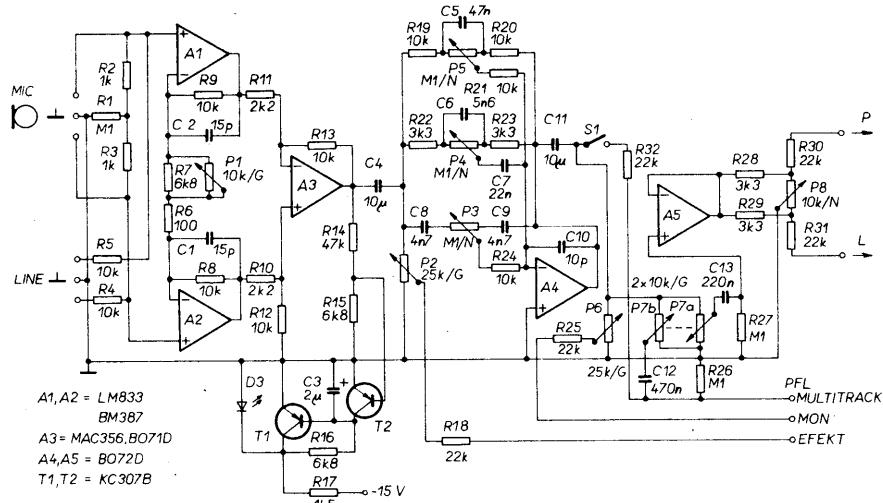
### Vstupní jednotka STEREO

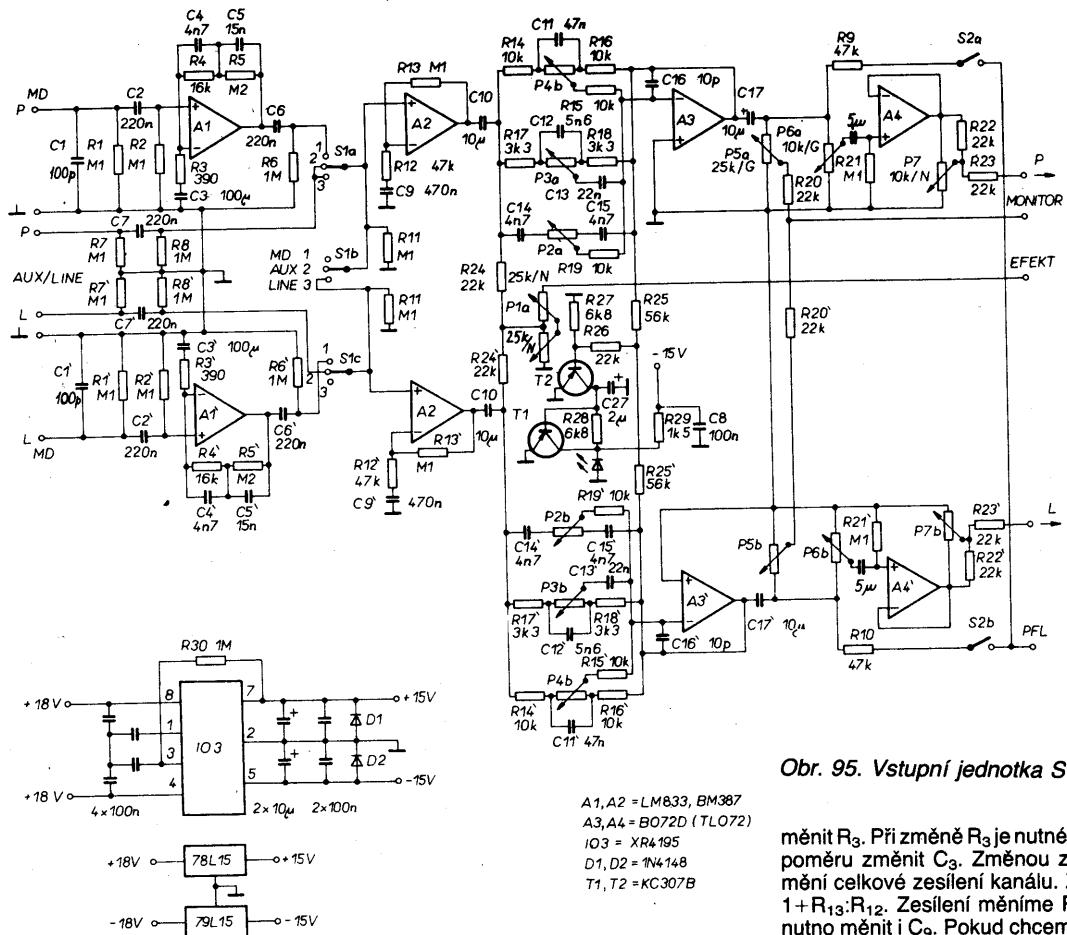
Vstupní jednotka stereo nemá symetrický vstup. Zapojení jednotky je na obr. 95. A<sub>1</sub>, A<sub>1</sub> tvoří korekční zesilovač pro magnetickou přenosku. Spínač S<sub>1</sub> je vstupní spínač. V poloze AUX je vstup přizpůsoben výstupům s velkou úrovní (magnetofon apod.). V poloze LINE je modul přepnut na mono a může sloužit jako náhrada vstupní jednotky MONO, pokud chceme připojit více nástrojů, než je jednotek MONO. Do tohoto vstupu není možné připojit mikrofon. Signál se přivádí nesymetricky jen z pravého kanálu vstupu AUX. Zesílení A<sub>2</sub>, A<sub>2</sub> je 3, regulátor zisku je vypuštěn. Z tandemového potenciometru P<sub>1</sub> je odebíráno jen monofonní signál pro efekty, avšak daným zapojením je zachována stejná vstupní a výstupní impedance v každé poloze P<sub>1</sub>. Za tónovým korek-

rem je regulátor monitorovacího signálu (P<sub>5</sub>), výstupního signálu (P<sub>6</sub>) a vývážení (P<sub>7</sub>). P<sub>7</sub> v poloze LINE spínače S<sub>1</sub> pracuje jako panoramatický regulátor. Se součástkami R<sub>9</sub>, R<sub>10</sub> a S<sub>2</sub> je možnost příposlechu – PFL. Výstup „multitrack“ není u tohoto modulu potřebný, neboť modul STEREO obvykle výstupní signál vícestopého magnetofonu zpracuje. Pokud nepoužíváme vstup MD, můžeme tento zesilovač „linearizovat“ vypuštěním C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> a nahrázením R<sub>4</sub> a R<sub>5</sub> jedním rezistorem. Kondenzátory C<sub>1</sub> a C<sub>1</sub> jsou voleny podle zákončovací impedance dané přenosky. Kondenzátory by mely být co nejvíce kvalitnější (styroflex, PET apod.) a rezistory by mely být s kovovou vrstvou (TR 191, MLT-0,25).

### Výstupní modul 1 (obr. 96).

Na výstupním modulu 1 je monitorovací zesilovač, efektový zesilovač a parametrický ekvalizér. A<sub>1</sub> a A<sub>1</sub> tvoří součtový zesilovač pravého a levého kanálu. Za tímto zesilovačem jsou aktivní tónové korekce s P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> a A<sub>2</sub> a A<sub>2</sub>. Na jejich výstupu je součtový signál pravého a levého kanálu. Vývody H<sub>PL</sub> a H<sub>PP</sub> jsou propojeny s výstupním modulem 2, takže výstupní signál LINE můžeme slyšet ve sluchátkách. Přes P<sub>4</sub> je veden součtový signál na vstup „monitor“ ve výstupním modulu 2. Tak je umožněno slyšet její monofonně ve sluchátkách a vydávat přes oddělený konektor. P<sub>6</sub> nastavujeme vývážení mezi součtovými signály pravého a levého kanálu. P<sub>5</sub> je hlavní regulátor, kterým nastavujeme výstupní úroveň signálu LINE. Přes S<sub>1</sub> a rezistory R<sub>19</sub> a R<sub>20</sub> je výstupní signál LINE zaveden do kanálu PFL. Operačními zesilovači A<sub>5</sub> a A<sub>5</sub> a diodami D<sub>1</sub> a D<sub>1</sub> je součtový signál usměrněn, stejnosměrný signálem jsou řízeny VU-metry s IO<sub>3</sub> a IO<sub>3</sub>. Urovnění 0 dB odpovídá efektivnímu napětí asi 1 V. Z P<sub>5</sub> je součtový signál veden do výstupního zesilovače signálu LINE se zesilovači A<sub>3</sub> a A<sub>3</sub>. Výstupy označené U jsou nesymetric-





Obr. 95. Vstupní jednotka STEREO

$A_1, A_2 = LM833, BM387$   
 $A_3, A_4 = B072D (TL072)$   
 $10.3 = XR4195$   
 $D_1, D_2 = 1N4148$   
 $T_1, T_2 = KC307B$

ké výstupy tohoto modulu. Symetrické výstupy získáme dodatečními OZ  $A_4$  a  $A_4'$ . Symetrické výstupní signály jsou odebrány přes  $R_{13}$ ,  $R_{14}$  a  $R_{13}'$ ,  $R_{14}'$ . Aby signály byly stejně, je vhodné použít rezistory s tolerancemi 1 %. Zapojení výstupního modulu 1 je na obr. 96. Na panelu tohoto modulu jsou upevněny zdírky LIN OUT BAL, LIN OUT UNBAL, přepínač  $S_1$  (PFL), a regulátor úrovně  $P_5$ . Potenciometry  $P_1$  (výšky),  $P_2$  (středy),  $P_3$  (hloubky),  $P_4$  (výstupní úroveň monitoru) a  $P_6$  (vyvážení) jsou mezi deskami s plošnými spoji.

Je známo, že signály přiváděné ke směšovacímu pultu mají různé úrovně, které je nutné „srovnat“ na správnou velikost. Ve výstupní jednotce MONO je zesílení výstupního kanálu  $A_3$  závislé na poměru:  $R_{7'}/P_1 + R_6$ . Všemi těmito rezistory lze zesílení měnit, když bude platit, že  $R_8 = R_9$  a  $R_{12} = R_{13} \cdot R_{11}$ . Dále můžeme zesílení měnit  $R_{10}$  a  $R_{11}$ , když  $R_{10} = R_{11}$ . Ve výstupní jednotce STEREO je zesílení zesílovače MD 36 dB na 1 kHz a lze jej v určitých mezích

měnit  $R_3$ . Při změně  $R_3$  je nutné v obráceném poměru změnit  $C_3$ . Změnou zesílení  $A_2$  se mění celkové zesílení kanálu. Zesílení  $A_2$  je  $1 + R_{13} \cdot R_{12}$ . Zesílení měníme  $R_{12}$ , přitom je nutno měnit i  $C_9$ . Pokud chceme měnit zesílení  $A_2$  plynule, zapojíme do zpětné vazby potenciometr 100 k $\Omega$ .

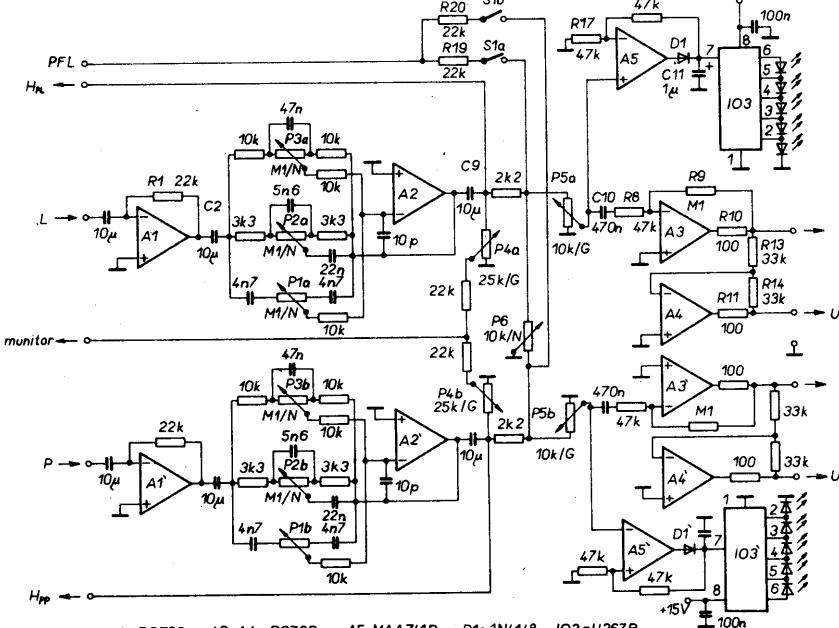
Zisk výstupního modulu 1 se zesílovači  $A_1$  a  $A_1'$  je 0 dB a lze jej měnit v rozsahu  $\pm 10$  dB změnou  $R_1$  od 4,7 do 100 k $\Omega$ . Zisk výstupního kanálu  $A_3$  a  $A_3'$  je 6 dB a můžeme jej měnit  $R_8$ , přičemž musíme změnit i  $C_{10}$ . VU-metr ukazuje úroveň 0 dB při efektivním napětí 1 V na vstupu  $A_5$ . Při změně zesílení  $A_3$  musíme změnit i zesílení  $A_5$  změnou odporu tranzistoru  $R_{17}$ .

#### Výstupní modul

Zapojení výstupního modulu 2 je na obr. 97. Modul tvoří součtový zesílovač efektů, připoslechový zesílovač PFL, monitorovací součtový zesílovač s parametrickým ekvalizérem a sluchátkový zesílovač. Zesílovač efektů  $A_1$  mění svoje zesílení v rozsahu -6 dB až +14 dB potenciometrem  $P_1$ . Proti zkratu na výstupu je chráněn  $R_{20}$ . Zesílení připoslechového zesílovače PFL ( $A_3$ ) můžeme nastavit  $R_{27}$  tak, že výstupní úroveň  $A_3$  bude stejná jako úroveň zesílovače  $A_2$  na výstupním modulu 1 ( $H_P$ ). Zesílení monitorovacího zesílovače  $A_2$  nastavíme  $R_3$  tak, aby bylo stejně jako u  $A_3$  a v bodech  $H_P$ . Tím je zajištěno, že při přepnutí signálů na vstup sluchátkového zesílovače se úroveň nezmění. Výstupní signály pro sluchátkový zesílovač jsou přepínány  $S_1$ . Tím je umožněno poslouchat na sluchátka všechny signály ( $H_P$  ve stereu). Zesílení tohoto zesílovače můžeme měnit  $R_{32}$ ,  $R_{34}$  a  $P_5$ . Zesílení  $I0.3$  můžeme měnit  $R_{23}$ ,  $R_{24}$ .

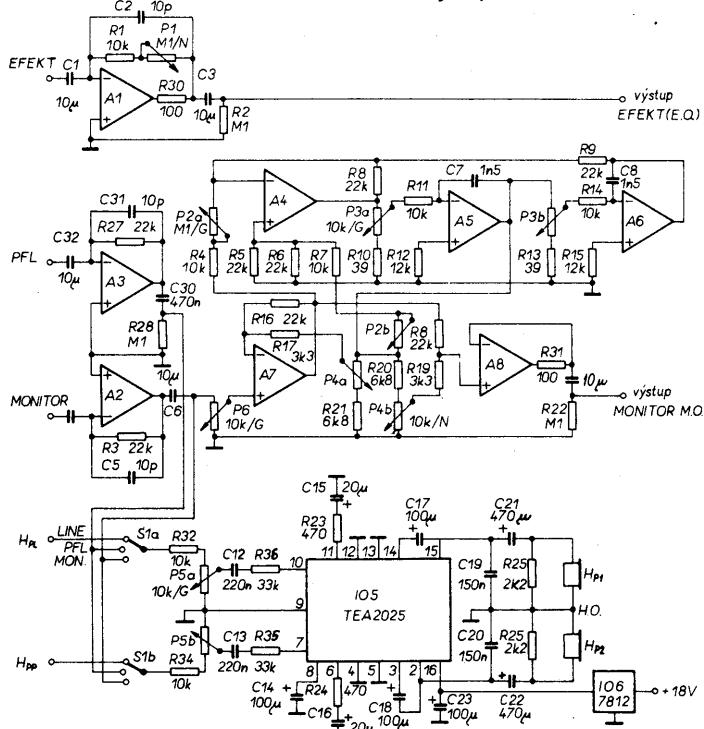
Minimální impedance sluchátek je 8  $\Omega$ . Parametrický ekvalizér  $A_4$  až  $A_7$  mění střední kmitočet  $P_3$  od 50 Hz do 10 kHz, jakost od 2 do 14 dB/oktávu ( $P_2$ ) a zisk od -18 do +2 dB (potenciometrem  $P_4$ ). Výstupní signál ekvalizéru je veden přes oddělovací stupň  $A_8$  na výstup „monitor“. Výstup  $A_8$  je proti zkratu na výstupu chráněn  $R_{31}$ .

Nákres předních panelů je na obr. 98. Celý směšovací pult je umístěn v hliníkovém kufřiku.



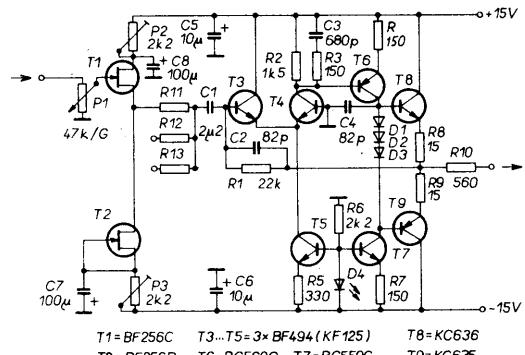
Obr. 96. Výstupní modul 1

Obr. 97. Výstupní modul 2

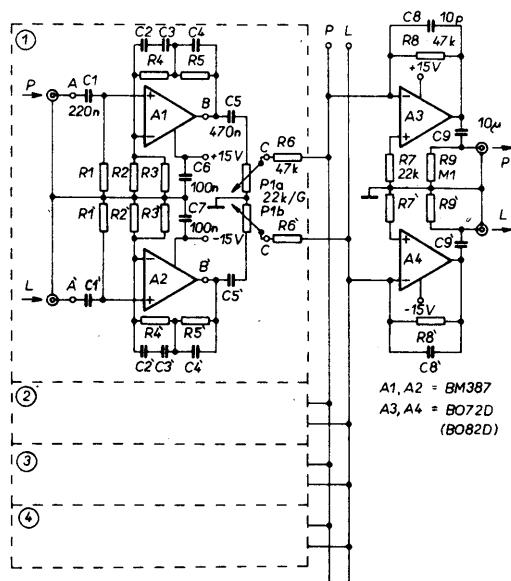


## 10.4 Směšovací pult s velkou dynamikou

Dobrý směšovací pult má mít velký rozsah dynamiky a co nejmenší šum. U běžných směšovacích pultů se používají obvykle operační zesilovače, které však nejsou schopny zpracovat velký rozsah dynamiky a pokud nejsou použity OZ s malým šumem, můžeme očekávat i zvětšený šum. Problém šumu lze vyřešit použitím oddělovacího stupně s tranzistoru  $T_1$ ,  $T_2$  na obr. 99. Vstupní impedance  $T_1$  je v tomto případě zanedbatelná, takže přípůsobená impedance zdroje signálu je závislá jen na  $P_1$ .  $T_2$  je zapojen jako zdroj proudu, který lze nastavit  $P_2$ ,  $P_3$ . Za oddělovacím stupněm je operační zesilovač, sestavený z tranzistorů  $T_3$  až  $T_6$ . V diferenciálním zesilovači jsou použity všechny tranzistory, které při velké šířce pásmá mají obvykle menší šum než tranzistory nf. Pult má tyto parametry: Kmitočtový rozsah je 10 Hz až



Obr. 99. Směšovací pult s velkou dynamikou



Obr. 100. Směšovací  
pult pro diskotéku

80 kHz; zkreslení při 10 kHz a  $U_{výst\,mv} = 9$  V je 0,05%; poměr signál-šum při  $U_{výst\,mv} = 9$  V a šířce pásma 20 kHz je 100 dB při 10 oddělovacích stupních; maximální  $mv$  výstupní signál je 12 V.

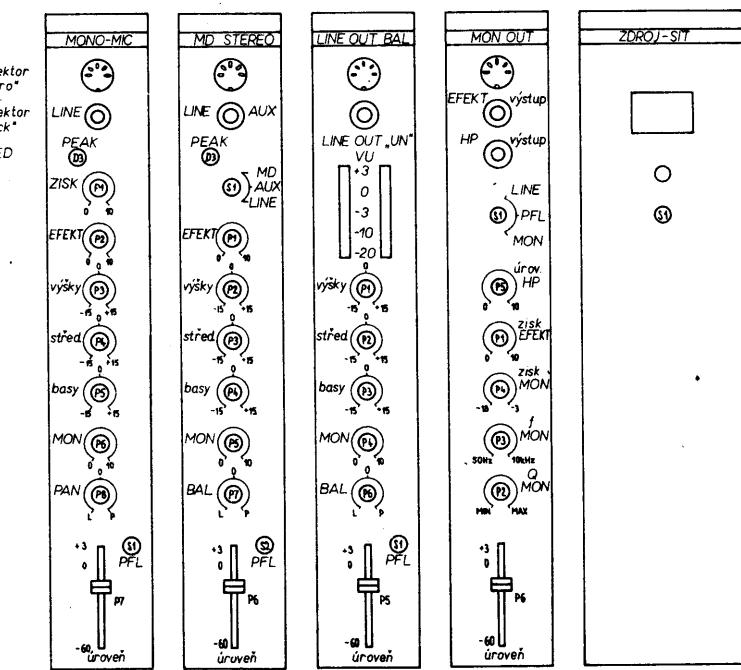
## 10.5 Směšovací pult pro malou diskotéku

Při dohrání desky má diskžokej plné ruce práce s její výměnou. Aby nebyl narušen

sled hudby a slova, může být jeho velkým pomocníkem směšovací pult na obr. 100, který má čtyři kanály. Na první kanál je připojen trvale gramofon, na druhý magnetofon a na třetí a čtvrtý různé mikrofony nebo zdroje signálu podle volby diskžokeje. Vstupní signál je nejdříve zesílen a přes tahové potenciometry a  $R_6$  přiveden na součtový zesilovač  $A_3$  ( $A_4$ ). Pro  $C_9$  a  $C_1$  mikrofonu s malou impedancí je nutné použít bipolární elektrolytické kondenzátory. Podle toho, který zdroj signálu připojujeme na vstup, je nutné upravit kapacity kondenzátorů  $C_1$  až  $C_4$  a odpory  $R_1$  až  $R_5$ . Pro gramofon s magnetickou přenoskou je:  $C_1 = 220$  nF,  $C_2 = C_3 = 1,5$  nF,  $C_4 = 3,3$  nF,  $R_1 = 47$  k $\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 2,2$  k $\Omega$ ,  $R_4 = 100$  k $\Omega$ , a  $R_5 = 1$  M $\Omega$ ; pro magnetofon propojíme vstup A s výstupem B; pro mikrofon s velkou impedancí  $C_1 = 470$  nF,  $C_2$ ,  $C_3$  odpadají,  $C_4 = 10$  pF,  $R_1 = 22$  k $\Omega$ ,  $R_2 = 1$  k $\Omega$ ,  $R_3$  odpadá,  $R_4 = 0$  a  $R_5 = 100$  k $\Omega$ ; u mikrofonus s malou impedancí se proti předchozímu mění pouze  $C_1 = 10$   $\mu$ F a  $R_1 = 680$   $\Omega$ .

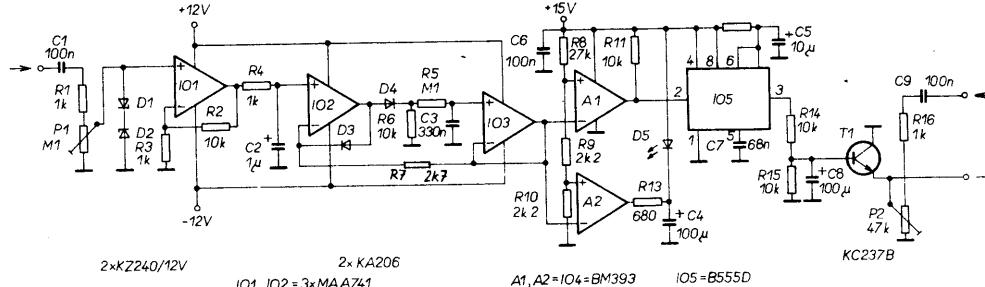
## 10.6 Omezovač hlasitosti

V určitých případech může posloužit omezovač hlasitosti, který lze vestavět do koncového zesilovače. Jeho účinek je velmi radikální: Bude-li překročena nastavená úroveň, pak omezovač hlasitosti zkratuje vstupní signál na dobu několika sekund. Výstup z výkonového zesilovače připojíme na vstup měřicího zesilovače, tj. na  $C_1$ ,  $P_1$  (obr. 101) nastavíme maximální hlasitost a tím i vstupní úroveň  $IO_1$ . Když však omezovač hlasitosti připojíme na výstup předzesilovače s velkou



Obr. 98. Nákres panelu směšovacího pultu

Obr. 101. Omezovač hlasitosti



výstupní úrovni, pak můžeme zesílení oddělovacího stupně zvětšit 10× překlenutím  $R_2$ . Signál je filtrován  $R_4$ ,  $C_2$ , takže omezovač účinkuje jen na ní složky signálu. Za IO1 je zapojen aktivní jednocestný usměrňovač s IO2 a IO3. Usměrněný signál je porovnáván se dvěma referenčními napětími na vstupech komparátorů A1 a A2. Při překročení první meze se rozsvítí LED D5, která indikuje, že bylo dosaženo maximální hlasitosti. Když je výstupní signál koncového zesilovače ještě o 6 dB větší, pak sepné A1, který spustí IO5. Pak bude vstupní signál pro koncový zesilovač, přiváděný přes  $C_9$ ,  $R_{10}$  a  $P_2$  z předzesilovače do koncového zesilovače zkratovaný proti zemi  $T_1$ . Tento tranzistor je zapojen „obráceně“, takže jeho odpór ve vodivém stavu bude malý. Aby signál nebyl krátkodobě přerušován, jsou na výstupu IO5 zapojeny  $R_{14}$ ,  $R_{15}$  a  $C_8$ .

#### 10.7 Obvod pro zvýšení srozumitelnosti řeči

Předností dobrého obvodu pro zvýšení srozumitelnosti řeči přenášené mikrofonem je, že převážně zesiluje jen potřebnou část hovorového signálu. To je zapotřebí zejména při velkém hlučnosti pozadí nebo při rušeném bezdrátovém přenosu. Tento obvod je výhodný zejména tam, kde jsou velké reproduktové vícenásobné soustavy. Jeho nedostatkem je, že zesiluje i šum pozadí během mezer v řeči. Tomu se dá zabránit vestavěním prahového spinače, který připojí obvod při dané úrovni signálu z mikrofonu.

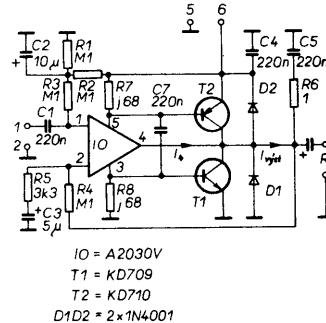
Mikrofonní signál je po zesílení  $T_1$  na obr. 102 přiveden na vstup A1.  $T_1$  má malý šum ( $R_1$  je rezistor s kovovou vrstvou). Z výstupu A1 je signál veden do omezovače A4 a současně do zesilovače A3. Při dané úrovni sepné ES<sub>1</sub>, zapojený jako spoušťový obvod, a aktivuje monostabilní multivibrátor s ES<sub>2</sub>, který přes ES<sub>3</sub> a ES<sub>4</sub> zvětšuje zesílení A3. Při malém signálu je zesílení dáné poměrem  $P_1/R_5$ . Když je sepnut ES<sub>4</sub>, je zesílení určeno poměrem  $P_2 + R_8/R_5$ . Časová konstanta monostabilního multivibrátoru,  $R_{20}$ ,  $C_{19}$ , je volena tak, že během slovního projevu se signál „nerozsekává“. Dolní propust před zesilovačem A2 omezuje kmitočty nad 3 kHz. Výstupní úroveň je nastavena  $P_3$ . Cívky L<sub>1</sub>, L<sub>4</sub> jsou navinuty na feritových perlách a každá má 6 závitů.

Obvod nastavujeme takto: Mikrofon postavíme před reproduktor a na rozhlasovém přijímači nastavíme stanici se zprávami. Na výstup obvodu připojíme sluchátko.  $P_4$  otáčíme směrem k  $R_{14}$ ,  $P_2$  nastavíme omezení signálu. Při velkém omezení je srozumitelnost velmi dobrá.  $P_1$  nastavíme směrem k ES<sub>4</sub>. Úroveň je  $P_4$  nastavena tak, aby když zprávy skončí, zmizel i šum pozadí.  $P_1$  nastavíme poměr srozumitelnost-pozadí. Funkce obvodu je indikována D<sub>4</sub>.

#### 10.8. Nízkofrekvenční výkonový zesilovač 50 W

Předpokladem pro dosažení nf výkonu 50 W na  $4\Omega$  u zesilovače hi-fi je špičkový proud 5 A a napájecí napětí větší než 40 V. Protože daného proudu nelze s IO A2030D dosáhnout, je nutné za něj připojit výkonové tranzistory. U tohoto IO je při plném výstupním proudu napájecí napětí max. 36 V (je určeno možným ztrátovým výkonem). Omezme-li výstupní proud na 1 A, můžeme zvětšit napájecí napětí až na 44 V. Zapojení zesilovače 50 W je na obr. 103.

Je-li vstupní signál přiveden na vývod 1 IO, pak podle půvlny vstupního signálu



Obr. 103. Zesilovač 50 W

teče proud + nebo  $-U_B$  přes rezistory  $R_7/R_8$ , přes vývod 4 IO do zátěže  $R_z$ . Pokud proud  $I_d$  bude menší než 1 A, úbytek na  $R_7/R_8$  nestačí otevřít tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  a tranzistory neteče kolektorový proud. Na výstupu IO bude my napětí asi 4 V na  $4\Omega$ , což odpovídá výkonu asi 2 W. Bude-li  $I_{vyst}$  větší než 1 A, oba tranzistory se rychle otevřou a teče jimi kolektorový proud. IO spolu s tranzistory tvoří pak uzavřenou regulační smyčku a kolektorový proud je roven  $I_{vyst} - I_d$ . Při malém signálu nebo bez vstupního signálu na výstupu IO neteče tranzistory ani klidový proud, protože jsou uzavřeny. Protože v IO je obvod pro nastavení klidového proudu IO, nemůže

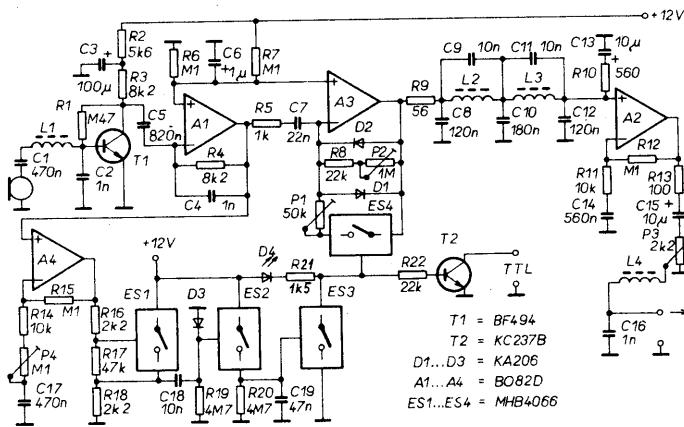
vzniknout přechodové zkreslení. Je třeba ještě upozornit, že obvyklé protizkratové jištění v daném zapojení nefunguje, protože není jištěn kolektorový proud tranzistorů. Tepelná ochrana pracuje však normálně. Tranzistory v IO musí být na chladiči s tepelným odporem 2 K/W upevněny přes izolační podložky (vzhledem k různým potenciálům na podložce tranzistorů a IO). Při použití nestabilizovaného zdroje nesmí napájecí napětí při nezatíženém zdroji přesahnut 44 V.

**Technické údaje:** Napájecí napětí max. 44 V, zatěžovací odpor min.  $4\Omega$ , výstupní výkon 50 W (podle napájecího napětí při zatížení), zisk 30 dB (lze měnit  $R_4$ ), klidový proud 40 mA.

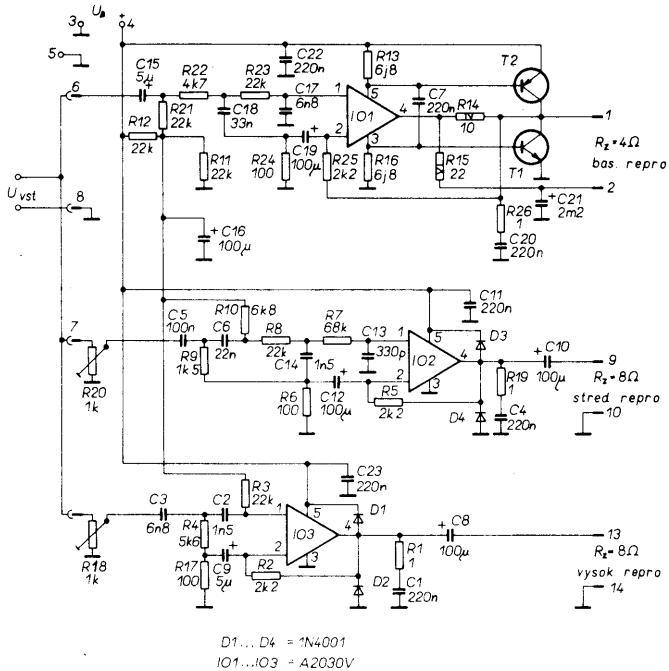
#### 10.9 Třípásmová aktivní reproduktová soustava 70 W

Při návrhu této soustavy se vychází z toho, že převážnou část výkonu spotřebuje basový reproduktor (zde asi 40 W) a zbytek (2x 15 W) reproduktor středotónový a výškový. Jako kmitočtové výhybky jsou použity filtry RC druhého rádu se strmostí 12 dB/oktávu. Celková charakteristika akustického tlaku je závislá na použitých reproduktorech a jeho velikost můžeme v širokých mezech řídit trimry  $R_{18}$  a  $R_{20}$  na obr. 104. Dělící kmitočty můžeme měnit změnou kondenzátorů ve filtroch výhybky. Zapojení na obr. 104 používá nesymetrické napájení 36 V max. Protože IO pracuje jako výkonové operační zesilovače, je potřebné na jejich neinvertující vstupu přivést poloviční napájecí napětí z děliče  $R_{11}R_{12}$  přes  $R_3$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{21}$ . Středové napětí je proti rušení blokováno kondenzátorem  $C_{16}$ . Zisk koncových zesilovačů je nastaven na 26 dB rezistory  $R_2$ ,  $R_5$  a  $R_{25}$ . Vstupní efektivní napětí pro vybuzení všech zesilovačů je asi 1 V.

Nf signál pro výškový reproduktor je veden přes horní propust 2. rádu tvořenou kondenzátory  $C_2$  a  $C_3$  a rezistory  $R_3$  a  $R_4$ , zapojenou mezi neinvertující a invertující vstup A2030D. Pro střední kmitočty je použita pás-



Obr. 102. Obvod pro zlepšení srozumitelnosti řeči



Obr. 104. Zesilovač 70 W pro třípásmovou soustavu

mová propust  $C_6 C_{14} C_{13} R_7 R_8 R_9$  a pro basový reproduktor dolní propust  $R_{22} R_{23} C_{17} C_{18}$ . Vý-

stup IO basového zesilovače není připojen přímo na kolektory výstupních tranzistorů,

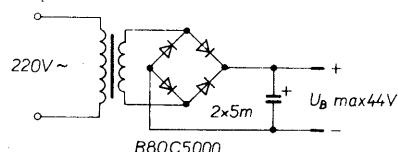
jako tomu bylo u předchozího zesilovače, nýbrž přes dělič napětí  $R_{14}/R_{15}$ , takže jeho zesílení se zmenší asi  $1,5 \times$ ; výstupní tranzistory nejsou buzení až do mezních údajů, čímž je zvětšena jejich spolehlivost. V daném zapojení je na reproduktoru poloviční napájecí napětí a zesilovač basu není odolný proti zkratu na výstupu. Výkonové tranzistory a IO basového zesilovače musí být upevněny izolovaně. Chladič má mít tepelný odpor max. 2 kW.

### 10.10 Filtr pro subwoofer

Subwoofer je společný kanál, který při stereofonní reprodukci reprodukuje signály s kmitočty nižšími než 200 Hz. To znamená, že při stereofonní reprodukci je jen jeden společný hlubokotónový reproduktor. Na obr. 105 je zapojení aktivní kmitočtové výhybky, která potlačuje o 24 dB na oktavu kmitočty pod 200 Hz k cestě satelitním reproduktorem, tj. středotónovým a vysokotónovým. Naopak v cestě pro subwoofer jsou odfiltrovány kmitočty nad 200 Hz. Signály pravého a levého kanálu jsou oddělovány zesilovači  $A_1$  a  $A_2$ ;  $A_3$ ,  $A_4$  a  $A_9$ ,  $A_{10}$  tvoří horní propusti obou kanálů. Zesilovač  $A_5$  scítá signál pravého a levého kanálu,  $A_6$  a  $A_7$  tvoří dolní propust a  $A_8$  je výstupní zesilovač pro koncový stupeň subwooferu.  $P_1$  můžeme využít úroveň mezi subwooferem a satelity.

### 10.11 Zesilovač s výstupním výkonem 200 W

Abychom dosáhli výstupního výkonu zesilovače 200 W do zatěžovací impedance  $4 \Omega$ , museli bychom použít minimálně napájecí napětí 80 V a špičkový proud 10 A. Pokud však jakoby budec chceme použít IO A2030D, který má maximální napájecí napětí 44 V, musíme použít dva zesilovače 70 W zapojené do můstku. Podstatná výhoda můstkového zapojení spočívá v tom, že proud zátěži není záporně ovlivňován napájecím proudem, neboť každá větev můstku má vlastní potlačení rušivých signálů. Další přednosti vyplývají z následující úvahy: Aby mohly odpadnout vazební elektrolytické kondenzátory, nesmí být na výstupu žádný stejnosměrný potenciál. Je proto nutné použít symetrický napájecí zdroj. V zapojení na obr. 106 je zapojení zdroje bez zemnicího vývodu, neboť vstup a výstup obvodu mají signál symetrický vůči zemi. V zesilovači na obr. 107 je rezistory, zapojenými mezi napájecí plovody,  $R_4$  a  $R_8$ , vytvořena umělá zem, kterou je simulován symetrický zdroj. Impedance středového bodu je relativně velká, avšak není na závadu, neboť výstupní proud teče přes zátěž, nikoli přes zem. Předpokladem pro bezvadnou funkci zapojení je, že ze zdroje nebude odebíráno proti signálové zemi žádný stejnosměrný proud. Pokud bychom chtěli k jedné větvi symetrického zesilovače napájet další obvod, musíme použít klasický symetrický zdroj se středovým vývodem na transformátoru. Při můstkovém zapojení zesilovače platí, že zesílení první větve zesilovače je  $A = 1 + R_2:R_5$ , neboť kondenzátor  $C_6$  je přes invertující vstup  $IO_2$  uzemňován.



Obr. 105. Zapojení obvodu pro subwoofer

## NEZAPOMEŇTE

si zajistit Ročenku AR '88, která vyjde v prosinci 1988 (Ročenka není zahrnuta v předplatném AR a nelze ji ani předem objednat!). Ročenka má 80 stran a stojí 10 Kčs, lze ji zakoupit ve všech prodejnách PNS.

Z obsahu:

Návrh cívek s feritovými hrnčkovými jádry

Útlumový článek

Koncový nf zesilovač 15 až 30 W

Regulátor nabíjení alternátoru

Oscilátory pro pásmo 10 GHz

Jednoduchý časový spínač

Rozmítáč 250 MHz

Dálkové ovládání pro BTVP Oravan

Prehrávače kompaktních dešek (CD)

Vicepásmové anténní zesilovače

Tuner POWER TOWER

Zájmová činnost a spotřební elektronika

Rádio a náš rozhlas

Packet radio

Pro úplnost ještě upozorňujeme, že Ročenka mikroelektroniky '89 vyjde na jaře v příštím roce (pravděpodobně v březnu).

Z obsahu:

Teletext na Spectrum

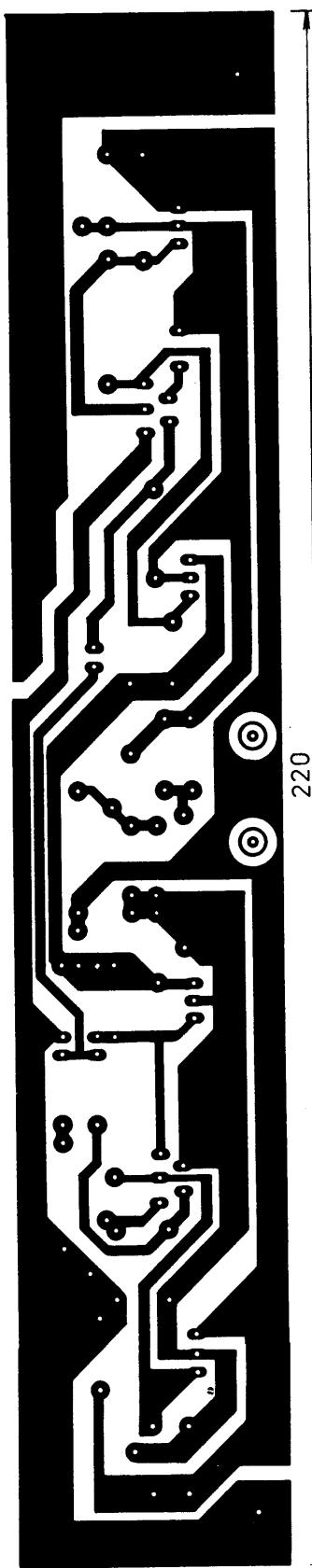
Spectrum a CP/M

Televizní displej DIS 84

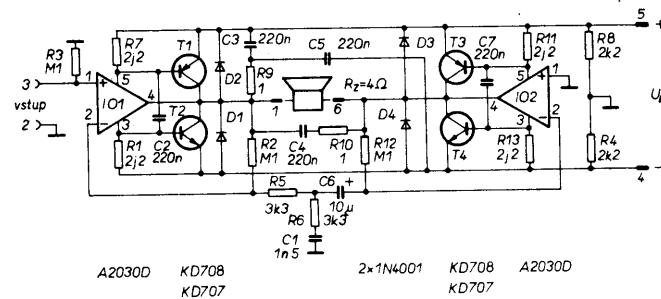
Emulátor ATARI serial interface

Obr. 106. Zapojení zdroje pro zesilovač

V druhé větvi je buzen invertující vstup protifázovým výstupním signálem a zisk této větve  $A = R_{12}/R_5$ . Celkový zisk je  $A = 1 + R_2/R_5 + R_{12}/R_5 = 36$  dB. C3, C5 a R9 je Boucherotův člen první větve a C4, R10 druhé



Obr. 107. Zapojení zesilovače 200 W



větve zesilovače. Obvod C<sub>1</sub>, R<sub>6</sub> zlepšuje stabilitu zesilovače vůči zákmítům. Stejně jako u předchozího zesilovače není výstup odolný proti zkratu na výstupu, avšak tepelná ochrana zůstává ve funkci. Deska s položnými spoji zesilovače s rozložením součástek je na obr. 108. Oba IO a výkonové tranzistory jsou od chladiče odizolovány slídovými podložkami. Chladič s tepelným odporem 1 K/W je se vstupní zemí spojen v bodě A. Napájecí napětí ani bez vybuzení zesilovače nesmí být větší než 44 V, jinak se zničí IO.

Rezistory použité v zesilovači jsou TR 213 nebo MLT-0,25, jako rezistory  $R_9$ ,  $R_{10}$  jsou použity dva rezistory  $2,2\ \Omega$ . Kondenzátory  $220\text{ nF}$  jsou typu TC 215, pro  $C_6$  je použit TE 005 a pro  $C_1$  typ TGL5155. Pokud nemáme tranzistory v plastických pouzdroch, je možné po úpravě plošných spojů použít tranzistory v kovových pouzdroch.

## KONSTRUKČNÍ ČÁST

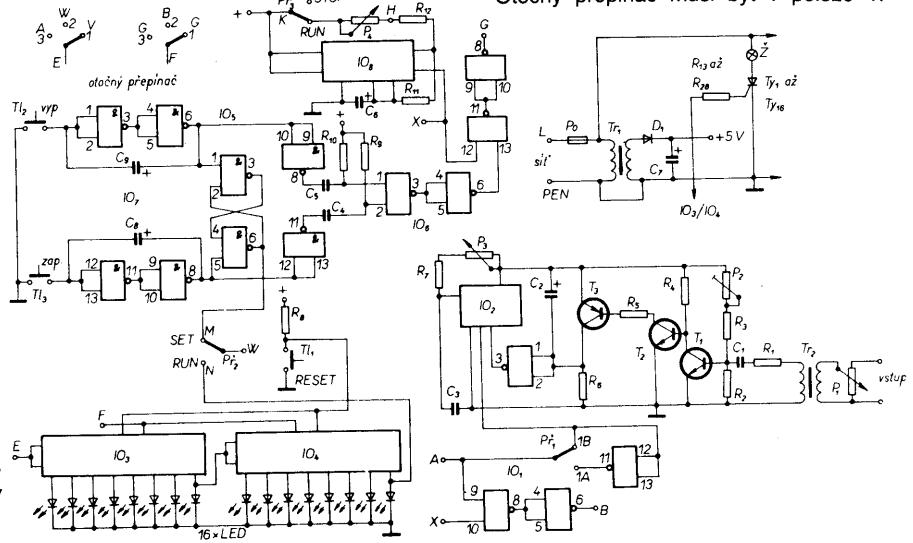
## Programovatelné šestnáctikanálové běžící světlo

Běžící světlo lze programovat podle vašeho zcela individuálního programu. Při programování se nekladou žádné meze fantazii, protože běžící světlo má k dispozici více než 1 000 000 programových možností. Může být programováno všech šestnáct kanálů. Rychlosť běžícího světla je plynule regulovatelná potenciometrem. Mimo to může být běžící světlo řízeno i hudbou, čímž se dosahují zcela zvláštních efektů. Nemusí být připojeno všech šestnáct kanálů. Schéma zapojení je na obr. 109.

## Obsluha

## Šestnáctikanálové běžící světlo bez řízení hudbou

Otočný přepínač musí být v poloze 1.



Obr. 108. Deska s plošnými spoji W218 a rozložení součástek zesilovače 200 W

Přepínač  $P_2$  je v postavení SET a přepínač  $P_3$  v postavení STOP. Žádná z žárovek by nyní neměla svítit. Svítí-li, stiskněte krátce tlačítko  $T_1$ , RESET. Nyní můžete tlačítka  $T_1$  a  $T_2$  nastaví svůj zcela individuální program pro běžící světlo.

Jestliže stisknete  $T_1$ , rozsvítí se žárovka  $\bar{Z}$ , při stisknutí  $T_2$  zůstává další žárovka nerozsvícená atd. Celý program se posunuje zleva doprava. Jestliže jste naprogramovali všech 16 žárovek a chcete běží světlo spustit, nastavte nejdříve spínač  $P_2$  a pak spínač  $P_3$  do polohy RUN (BĚH).

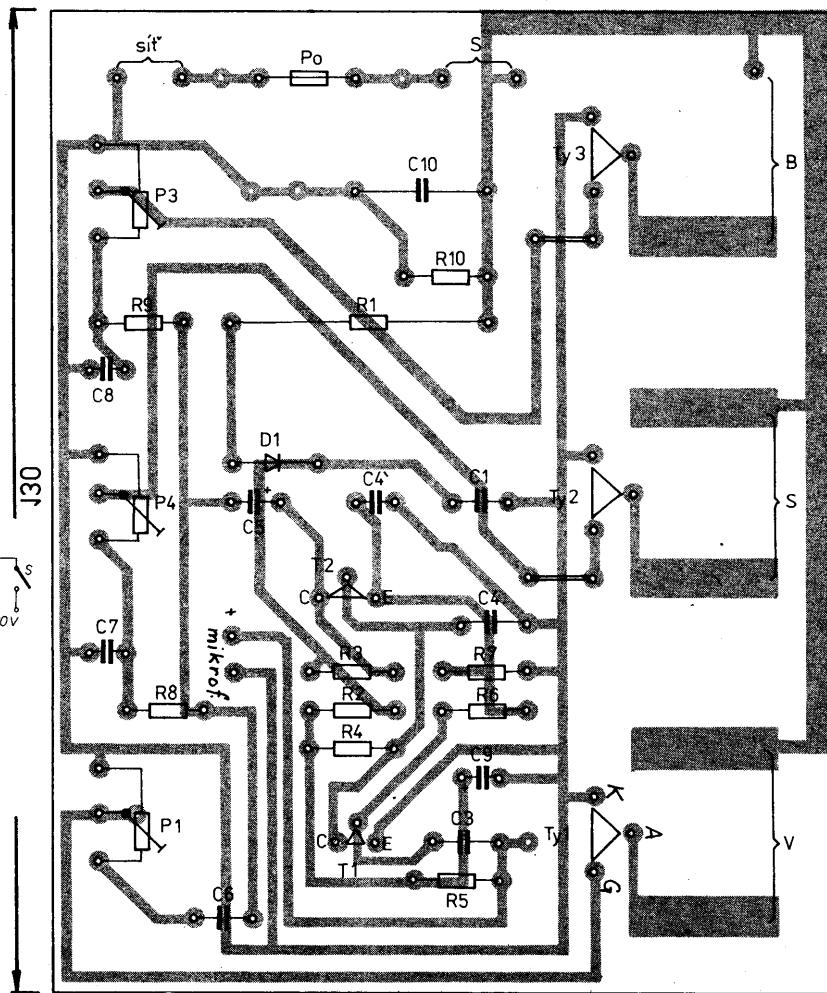
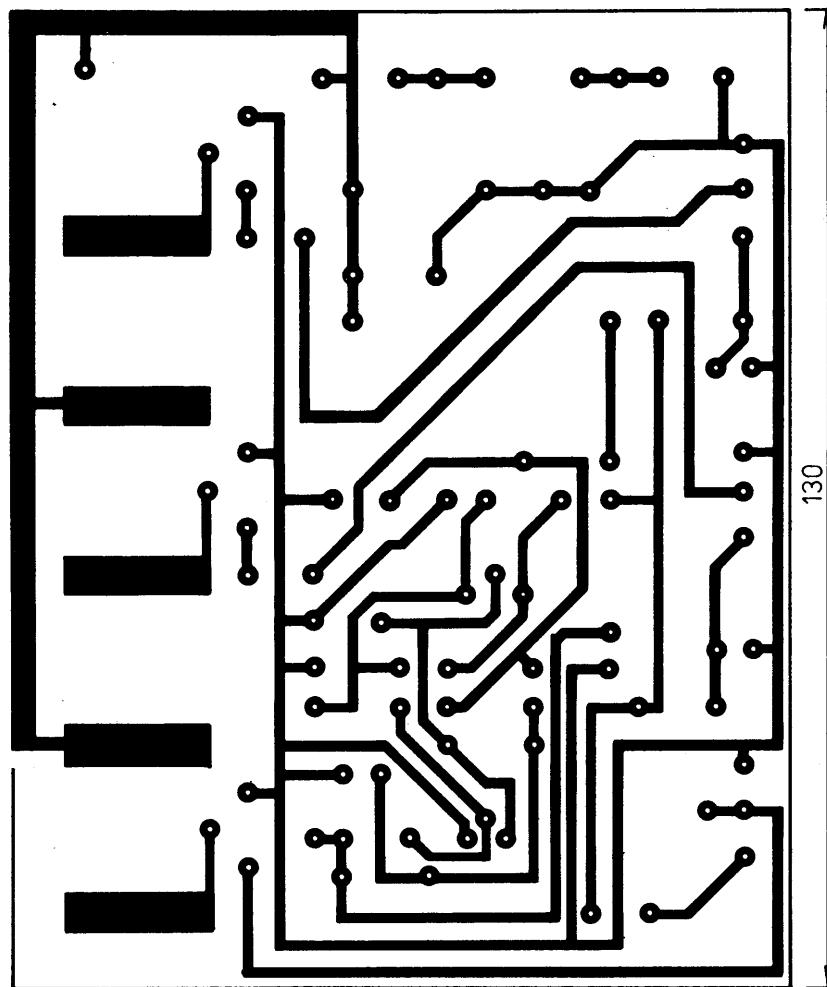
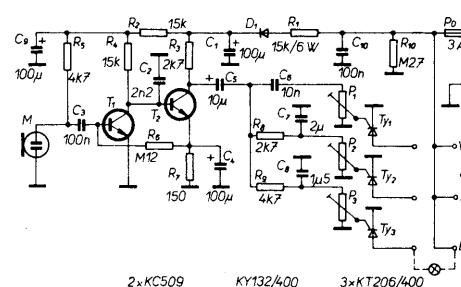
Potenciometrem  $P_4$  může být plynule nastavována rychlosť běhu. Tlačítkem RESET,  $T_1$  se může celý program zrušit a běžící světlo se může naprogramovat znova jinak podle předchozího popisu.

### *Běžící světlo řízené hudbou*

Otočný přepínač se nalézá v postavení 2. Odporový trímr  $P_2$  nastavíme na levý doraz. Přepínač  $P_1$  se nalézá v poloze 1 a  $P_3$  v poloze RUN. Jestliže jste spojili vstup IN s výstupem vašeho zesilovače pro reproduktor, měly by se vzor, který jste zadali, zapojovat dál podle taktu hudby. Případně je ještě třeba přizpůsobit regulátor citlivosti hlasitosti hudby. Jestliže dále nastavíme  $P_1$  do polohy A, bude běžící světlo zapojováno v taktu hudby. Rychlosť taktu a rychlosť běžícího světla se nastavuje potenciometry  $P_3$ , popř.  $P_4$ .

## Seznam součástek

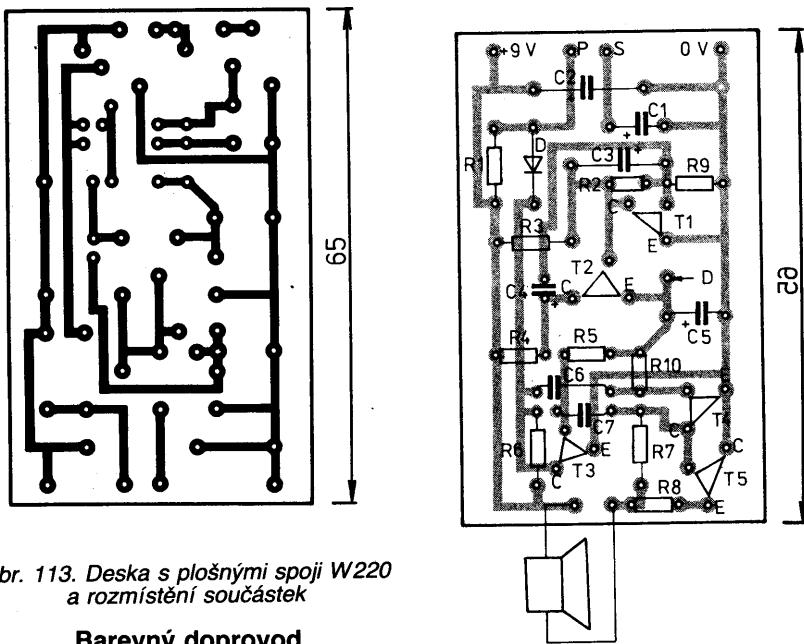
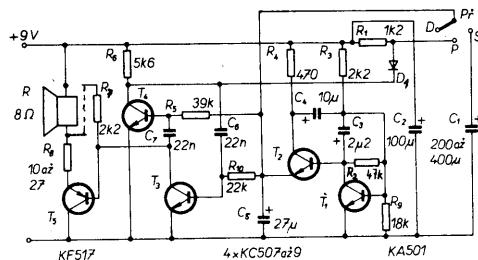
<i>Rezistory (TR t51)</i>	<i>Potenciometry a odporové trimry</i>
$R_1$ 1 k $\Omega$	$P_1$ 1 k $\Omega$
$R_2$ 100 k $\Omega$	$P_2$ 1 M $\Omega$ ,
$R_3$ 27 k $\Omega$	trimr
$R_4$ 15 k $\Omega$	
$R_5$ 33 k $\Omega$	$P_3, P_4$ 1 M $\Omega$
$R_6$ 270 $\Omega$	
$R_7$ 10 k $\Omega$	<i>Polovodičové součástky</i>
$R_8$ 390 $\Omega$	
$R_9, R_{10}$ 220 $\Omega$	$D_1$ KY132
$R_{11}$ 5,6 k $\Omega$	$T_1, T_2$ KC507
$R_{12}$ 1,2 k $\Omega$	až 509
$R_{13}$ až $R_{28}$ 200 $\Omega$	$T_3$ KF517
	$IO_1$ 74132
	$IO_2$ NE555
<i>Kondenzátory</i>	$IO_3, IO_4$ 74LS164
$C_1$ 470 nF	
$C_2$ 10 $\mu$ F	$IO_5$ ,
$C_3$ 330 nF	$IO_6$ ,
$C_4, C_5$ 10 nF	$IO_7$ , 7400
$C_6$ 1 $\mu$ F	$IO_8$ 555
$C_7$ 1 mF	
$C_8, C_9$ 47 nF	



*Obr. 110. Barevný doprovod*

Obr. 111. Deska s plošnými spoji W219  
a rozmištění součástek

Obr. 112. Tříhlasá siréna



Obr. 113. Deska s plošnými spoji W220 a rozmištění součástek

### Barevný doprovod

Pro oživení hudebního či jiného zvukového doprovodu se nabízí velmi jednoduché a bezpečné zařízení na obr. 110. Princip je známý, neskýtá žádné závladnosti. Nf signál ovládá přes elektretový mikrofon a tvarovací obvod třípásmovou výhybkou s nastavovacími prvky. Součástky jsou běžně dostupné – i finančně dostupné. Celé zařízení je vhodné vestavět do nekovových skřínek včetně barevných žárovek jako moduly stejného tvaru. Nastavovací prvky je možno vyvést vně skříňky. V provozu je zařízení relativně bezpečné, i když neobsahuje oddělovací napájecí transformátor, protože není již dále spojeno elektricky se zdrojem signálu. Jen opatrnost při oživování je nutná!

Deska s plošnými spoji a rozložení součástek barevného doprovodu je na obr. 111.

### Seznam součástek

Rezistory (TR 151)			
R <sub>1</sub>	TR 510,	15 kΩ	TE 004
R <sub>2</sub> , R <sub>4</sub>	15 kΩ	C <sub>6</sub>	10 nF, TC 280
R <sub>3</sub> , R <sub>8</sub>	2,7 kΩ	C <sub>7</sub>	2 μF, TE 003
R <sub>5</sub> , R <sub>9</sub>	4,7 kΩ	C <sub>8</sub>	1,5 μF, TE 005
R <sub>6</sub>	120 kΩ	C <sub>9</sub>	100 μF, TE 004
R <sub>7</sub>	150 Ω	C <sub>10</sub>	100 nF, TC 218
R <sub>10</sub>	270 kΩ		
Kondenzátory			
C <sub>1</sub>	100 μF, TE 006		
C <sub>2</sub>	2,2 nF, TK 744		
C <sub>3</sub>	100 nF, TC 215		
C <sub>4</sub>	100 μF, TE 005		
C <sub>5</sub>	10 μF, Ty <sub>1</sub> až Ty <sub>3</sub> KT206/400		
Polovodičové součástky			
		D <sub>1</sub>	KY132/400
		T <sub>1</sub>	KC509
		T <sub>2</sub>	KC509
		T <sub>3</sub>	KF517
		T <sub>4</sub>	KC507-9
		T <sub>5</sub>	KF517
		T <sub>6</sub>	KA501

### Tříhlasá siréna

Velmi stručně popišeme zařízení na obr. 112. Siréna prakticky imituje signál 1) požárního vozu, 2) sanitní ambulance, 3) dopravní Bezpečnosti. Využití je zřejmé, např. doplnění scény nebo nahrávky potřebným signálem, ale i jako hračka (viz 1. strana obálky).

Chci však upozornit, že nejen kouření a jiné neduhy civilizace škodí zdraví, ale hluk bezúčelně vytvářený a společenské vztahy narušující je zákonem postižitelný! Jak je zřejmé ze schématu, jedná se o multivibrátor tvořený tranzistory T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> a kondenzátory C<sub>6</sub> a C<sub>7</sub>, vytvářejícími základní kmitočet. T<sub>5</sub> již pracuje jako nf stupeň. Tranzistory T<sub>1</sub> a T<sub>2</sub> tento multivibrátor spouštějí. Délka periody je dána kapacitou kondenzátoru C<sub>5</sub>. Celkový náhěb pak odpovídá kapacitě kondenzátorů C<sub>1</sub> a C<sub>2</sub>. Pro signál S (sanitní) je rozhodující kapacita kondenzátoru C<sub>1</sub>. Dioda D<sub>1</sub> blokuje střídavou složku pro náhěb signálu P (požární vůz).

Deska s plošnými spoji a rozložení součástek tříhlasé sirény je uvedeno na obr. 113.

### Seznam součástek

Rezistory (TR 151)			
R <sub>1</sub>	1,2 kΩ	C <sub>2</sub>	100 μF, TE 003
R <sub>2</sub>	47 kΩ	C <sub>3</sub>	2,2 μF, TE 133
R <sub>3</sub> , R <sub>7</sub>	2,2 kΩ	C <sub>4</sub>	10 μF, TE 981
R <sub>4</sub>	470 Ω	C <sub>5</sub>	20 až 30 μF, TE 981
R <sub>5</sub>	39 kΩ	C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub>	22 nF, TK 744
R <sub>6</sub>	5,6 kΩ		
R <sub>8</sub>	10 až 27 Ω		
R <sub>9</sub>	18 kΩ		
R <sub>10</sub>	22 kΩ		
Kondenzátory			
C <sub>1</sub>	200 až 470 μF, TE 002		

### Polovodičové součástky

T<sub>1</sub> až T<sub>4</sub> KC507-9

T<sub>5</sub> KF517

D KA501

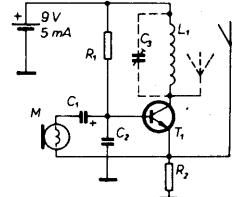
### Bezdrátový mikrofon

Toto jednoduché zařízení na obr. 114 je vlastně oscilátor VKV s minimálním počtem součástek a výkonom několika mW. Jako mikrofon bylo nejprve vyzkoušeno přídavné sluchátko k rozhlasovému přijímači, později mikrofon vložka z magnetofonu. Zařízení bylo sestaveno jako bezdrátový mikrofon včetně baterie 9 V a antény (asi 30 cm izolovaného drátu). Dosah zařízení je asi 30 m s relativně velkou šířkou pásma a dobrým m rozsahem.

Využitelnost tohoto a následujících zařízení pro fonoamatéry, lovce zvuku v přírodě, reportéry, v hudebních souborech a všude, kde přívodní nf kabely působí rušivě nebo jsou zranitelné, je zřejmá.

### Popis činnosti

Bezdrátový mikrofon podle obr. 114 je vlastně vf oscilátor s tranzistorem se společnou bází (báze je vf blokována



Obr. 114. Bezdrátový mikrofon

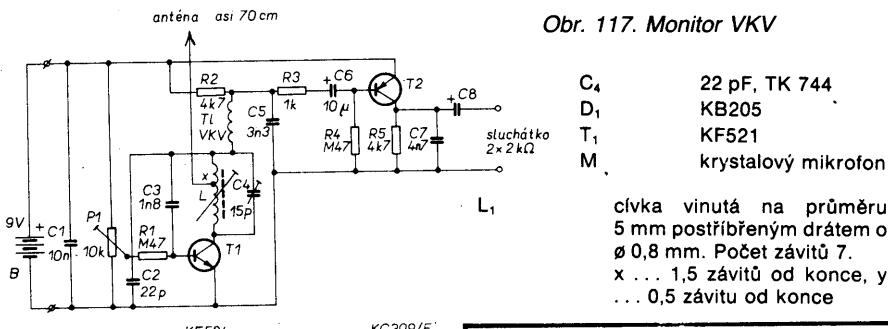
C<sub>2</sub>), rozmitaný nf napětím z mikrofonu. Kmitočet oscilátoru je 110 MHz.

### Seznam součástek

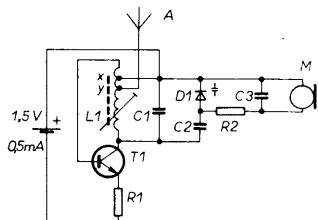
R <sub>1</sub>	vybíráme zkusmo, jeho odpor je nejvhodnější kolem 100 kΩ. Při zvětšování odporu R <sub>1</sub> (zmenšování t <sub>0</sub> ) se zvýšuje citlivost, ale zároveň nf nestabilita. Nejlépe je vybrat R <sub>1</sub> těsně před bodem nf rozkmitání.
R <sub>2</sub>	82 Ω
C <sub>1</sub>	2,2 μF, TE 133
C <sub>2</sub>	15 nF, TK 744
M	libovolný, nejlépe dynamický mikrofon. S výhodou lze použít miniaturní elektromagnetické sluchátko. Mikrofon musí být připojen co nejkratšími vývody.
L	vzduchová cívka asi 5 závitů drátu o Ø 1 mm CuL, navinuta na průměru 10 mm. Přidáváním (ubíráním) závitů lze oscilátor ladit, měnit kmitočet (případně úpravou rozteče závitů)
C <sub>3</sub>	lze použít k doladění kmitočtu, nebo tehdy, nekmitá-li oscilátor pouze se samostatnou cívku L (5 pF, trimr).
A	anténu tvoří vf lanko délky asi 30 cm. Lze připojit do kolektoru (větší dosah, menší stabilita kmitočtu nebo emitoru (menší dosah, větší stabilita kmitočtu).
T <sub>1</sub>	KF524

### Vf oscilátor 110 až 114,5 MHz

V zapojení na obr. 115 se zpětná vazba zavádí do báze T<sub>1</sub> a cívky L<sub>1</sub>. Emitorový rezistor 1,5 kΩ zabezpečuje nastavení pracovního bodu. V zapojení je použita modulace s kapacitní diodou. Použije-li se kondenzátor 1,5 nF paralelně k emitorovému rezistoru, zvětší se výkon. Nestačí-li ke konečnému nastavení kmitočtu jádro cívky, přidá se paralelně kapacitní trimr.



Stává se, že „specialisté“ nastaví přijímač na harmonický kmitočet, na kterém je vysílána pouze nepatrná část energie. Pak nelze být překvapen, že



Obr. 115. Vf oscilátor 110 až 114,5 MHz pouhých 5 m od oscilátoru není možný příjem, ačkoli při nařadění na správný kmitočet pracuje vf oscilátor až na vzdálenost 200 m. Proto je při nastavení třeba nějakým dostupným způsobem kontrolovat kmitočet obvodu oscilátoru (na přijímači VKV apod.).

#### Seznam součástek

R <sub>1</sub>	1,5 kΩ, TR 151	C <sub>2</sub>	22 pF, TC 281
R <sub>2</sub>	150 kΩ, TR 151	C <sub>3</sub>	1 nF, TK 744
C <sub>1</sub>	10 pF, TC 281	D <sub>1</sub>	KB205
M	krystalový mikrofon	T <sub>1</sub>	KF524
L <sub>1</sub>	cívka vinutá na průměru 5 mm postříbřeným drátem o Ø 0,8 mm. Počet závitů je 7. x ... 2,5 závitů od konce; y ... 3,5 závitů od konce cívky		
A	anténa — drát délky asi 30 cm		

#### Vf oscilátor s tranzistorem MOS

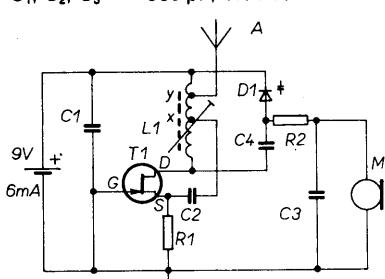
Zapojení na obr. 116 nepřináší nic zcela nového. Při tomto typu oscilátoru je hradlo G uzemněno. Toto zapojení v elektronkové technice odpovídá zapojení s uzemněnou mřížkou.

Téměř všechna zapojení oscilátoru s elektronkou jsou použitelná pro tranzistory řízené polem. Zpětná vazba v tomto zapojení je z odbočky x na vývod emitoru (source).

Způsob modulace je stejný jako v předchozím zapojení. S konvenčním zapojením se dosahuje výkonu 10 až 20 mW.

#### Seznam součástek

R <sub>1</sub>	270 Ω, TR 151
R <sub>2</sub>	150 kΩ, TR 151
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>	560 pF, TK 744



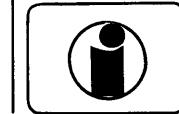
Obr. 116. Vf oscilátor

Obr. 117. Monitor VKV

#### Literatura

- [1] Boleslav, A.: Reproduktory a ozvučnice. SNTL: Praha 1960.
- [2] Boleslav, A.: Elektroakustická a elektromechanická měření. SNTL: Praha 1961.
- [3] Boleslav, A.: Mikrofony a přenosky. SNTL: Praha 1962.
- [4] Boleslav, A.; Jončev, M.: Reproduktory a reproduktorové soustavy. AR B2/1984.
- [5] Jončev, M.: Reproduktorové soustavy. AR B4/1984.
- [6] Bárta, J.; Jončev, M.: Reprodukce stereofonního signálu. AR B6/1986.
- [7] Merhaut, J. a kol.: Příručka elektroakustiky. SNTL: Praha 1964.
- [8] Merhaut, J.: Teoretické základy elektroakustiky. Academia: Praha 1976.
- [9] Smetana, C. a kol.: Praktická elektroakustika. SNTL: Praha 1981.
- [10] Svoboda, L.; Štefan, M.: Reproduktory a reproduktorové soustavy. SNTL: Praha 1983.
- [11] Svoboda, J.; Brada, J.: Elektroakustika do kapsy. SNTL: Praha 1978.
- [12] Salava, T.: Elektroakustická a elektromechanická měření. SNTL: Praha 1979.
- [13] Firemní literatura AKG, Shure, Celestion, Fane, McKenzie, TESLA.
- [14] Smetana, C.: Ozvučování. SNTL: Praha 1987.

#### INZERCE



Inzerci přijímá osobně a poštou Vydavatelství Naše vojsko, inzerční oddělení (inzerce ARB), Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-9, linka 294. Uzávěrka tohoto čísla byla dne 8. 8. 1988, do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát. Neopomněte uvést prodejní cenu, jinak inzerát neuvejdejme. Text inzerátu pište čitelně, aby se předešlo chybám vznikajícím z nečitelnosti předloh.

#### PRODEJ

**Krystal 1 MHz**, EPROM 27128, 2764 (300, 500, 450), 555, BFR90, 91, 96 (35, 65, 65, 70), mgf B-116 100% stav + pásky Maxell nahráne — seznam (3000, à 190), přijímač Leningrad 001 — všechny vln. rozsahy (400), regulátor napětí 180–260/220 V (150), ant. zes. sestavu TESA — S: zdroj DV—KV, VKV, K6, K9 (400), koupím kvalitní konvertor OIRT/CCIR, Atari 800XE + XC12, J. Mazánek, Přístavní 33, 635 00 Brno

**Rotující zrcadlový válec** s osvětlením kompakt (2800), 2 ks konc. světelné stupně (à 4000) + ovladač s pěti prog. mož. napojit na comp. (7000), rozvaděč 380–200/50 Hz (4500) vše RACK 18". Možná výměna za tovární stroboskopu a zař. na výr. umělého dýmu. R. Kaňka, Bachmačská 700, 280 00 Kolín II.

**Tov. komb. přístroj Sura** — osc. + gen. + zdroj (3200), krystal 200 kHz (200), zesilovač VKV — CCIR, OIRT, G > 20 dB (180), IFK120 (70), elektronky OS70/1750 (30), OS 125/2000 (50), PV200/600 (20), PV200/1000 (20). B. Novák, Lesní 264/35, 733 01 Karviná 1.

**BFQ74 (600), BFQ69 (300)**, NE564 (180), MC1350 (90), ICL 7660 (60), LM1889 (150), TCA240 (120), CA3189 (80), LM 334 (50), LM335 (60), LF351 (40), LF356 (60), FND357 (60), TL084 (75), TL441 (60), 74C926 (300), MK5009 (200), MM5316 (150), ICM7038 (80), XR2240 (50). J. Drozd, Marxova 480, 290 01 Poděbrady.

**TPM8085AP (190)**, RC4136, CA3080 (à 70, 60), NE564, 542 (à 120, 120), BFQ60, 961, 4797 (à 50, 50, 40), BD139, BD140, BU806 (à 30, 30, 80), SFE 6,5 Murata (à 50), ekv. 10137 (à 180), TP238/2x50k/N (10 ks — 90), TP238/2x50/G (10 ks — 90). J. Albert, Záhradnícká 40, 986 01 Fiľákov.

## NOVÉ PRACOVÍSTĚ RESORTU SPOJŮ

pro údržbu a vývoj SW telekomunikačních zařízení nasazovaných v čs. jednotné telekomunikační síti

přijme zájemce o práci v oborech:

- programování spojovacích a dohledových SPC systémů
- programování a provoz podpůrných a testovacích prostředků údržby SW
- školení a tvorbu kursů pro SPC technologii.

Informace osobně,  
písemně i telefonicky  
na č. tel. 27 28 53, 714 25 79

Praxe v oboru programování (mini a mikropočítače) vítána. Plat zařazení podle ZEUMS II.  
Pro mimopražské pracovníky zajistíme ubytování.

MEZINÁRODNÍ A MEZIMĚSTSKÁ  
TELEFONNÍ A TELEGRAFNÍ ÚSTŘEDNA  
V PRAZE 3,  
OLŠANSKÁ 6

**Čív. deck Unjitra M2408SD** Hi-fi (2000) + pásky, tuner  
TESLA 3603A (2800), zasil. TEXAN 2x 25 W (1500),  
2 reprosoust. 50 W (1600), gramo Lenco B55 (1800). Ing.  
Z. Kubášek, Třebovská 407, 562 03 Ústí n. O.

**Stabilizovaný zdroj** 0–30 V, 2 A s měridlem (650). B.  
hudba 4x 150 W (400), předzesil. pro mgdyn. přenosku  
(300). A. Sálek, Zelená 2, 779 00 Olomouc.

**Ant. zes.** TV-I 20 dB/1,5 dB, KVX–OIRT, CCIR  
20 dB/2 dB (à 180), TV-III 30–40 dB/2 (à 260),  
TVIV-V 25 dB/2,5 dB (300), BFR90, 91 (70). M. Sládek,  
U-elektr. 352, 288 02 Nymburk.

**Kvalitní reproduktory** Grundig 45/65 W, 4–8Ω,  
20–20 000 Hz, 50 x 30 x 20 cm, nepoužité, nepoškozené  
(3500), stavba. M. Brožek, Jamenská 409, 561 64  
Jablonec n. O.

**Přepinače TS211 BCD** (à 30), Intel 8279 (250), Hi-fi  
stereo sluch. NSR (190), osciloskop BM370 (900). J.  
Slávik, M. Sch. Trnavského 18, 841 01 Bratislava.

**IO 2208CP** (250). V. Motyčka, Hurbanova 12, 921 01  
Piešťany.

**Prodám nebo vyměním BFG65,** — Q69, T66 (160),  
BFR90, 91 (60), 90A, 91A (70, 75), 96 (80), BF961, 981  
(45, 55). Pouze Ph., Tel., Motorola. F. Hudek, Pod  
Sychrovem 27, 101 00 Praha 10.

**Svět. had** 220/4 x 1 kW reg. rychl. a smer + 7 m hadice  
s 36 žárov. (480), konc. zos. 2x 15 W/4Ω (550). M.  
Matyášovská, Sídlo. Dunaj V/5 č. 4, 943 01 Štúrovo.

**Novou mechaniku stereokaz.** magnetofon SM-1  
+ osazenou desku tiš. spojů (1000). F. Žeman, Sportovní  
10, 101 00 Praha 10.

**Mgf ZK246,** B400 (2000, 400), pásky Basf ø 15 (90).  
M. Zahradníček, Galašova 1739, 753 01 Hranice.

**Overdrive s MAA741CN** — bez obalu, len elektr. časť  
(200). J. Volkmer ml., Komsomolská 24, 960 01 Zvolen.

**Měř. přístroj PU501 V, A, Ω** nový v záruce (900). Mám  
dva. M. Holubec, Hradsko 191, 512 43 Jablonec n. J.

### KOUPĚ

**Pár občanských radiostanic** nejraději FM a datarekordér k Atari. P. Lávička, ČSSP 1020, 293 01 Ml. Boleslav.

**Video hry** na pevných kazetách do přístrojů Schmid  
TVG2000 nebo Tele-Fever. L. Novotný, Nádražní 360,  
261 01 Příbram IV.

**ZX Spectrum +**, český manuál, interface, ovládač  
i jednotlivě. Ing. M. Tesař, Valtická 17/49, 628 00 Brno.

**ZX Spectrum** nebo Atari do 5000 Kčs. R. Holý, Hájkova 2191, 438 01 Žatec.

**Konvertor VKV** + zosilovač. Uveděte cenu. Z. Vaňo,  
951 74 Žirany 316.

**Joystick** — na Atari XE/XL. Kvalitní. I. Myšík, Tomanova  
2143, 440 01 Louny.

**Fungující LED** displej ke kalkulačce Qualimat 3. J.  
Šimek, Sychrov 71, 755 01 Vsetín.

**Vše k ZX81**, včetně příd. paměti i amat. vyrobené.  
P. Walachová, Třanovice 157, 739 93 Hnojník 3.

### VÝMĚNA

**Osciloskop H313** nepoužívaný s českým překladem za  
perfektní absorpční vlnoměr 4,5 až 300 MHz s velkou  
citlivostí (dle AR11/1984). Koupím krystal 27,120 MHz,  
měridlo MP 80/100 μA, hrnčková jádra ø 14–22 mm,  
pár občanských radiostanic za rozumnou cenu. J. Dalík,  
K. Čapka 104/10, 357 09 Habartov.

### RŮZNÉ

**Kdo upraví videorekordér VHS** Pal/DDR Secam na  
Pal/ČSSR Secam? P. Uhnák, Cíntulova 2, 831 02  
Bratislava.

**Parabolickou anténu** o ø 160 a 100 cm včetně doplňků  
pro automatické natáčení zhotoví na zakázku. Vysoká  
kvalita, estetický vzhled, roční záruka a velmi nízká cena  
jsou zárukou Vaší spokojnosti. Zájemcům poskytnu  
i další informace. Povolené. P. Winterstein, Pasteurova  
9/411, 703 00 Ostrava-Vítkovice.

**Hledám schopného programátora**, konstruktéra, který  
by mi pomohl naprogramovat a napojit počítač na řízení  
světelného parku. Finanční odměna. R. Kafka, Bach-  
mašská 700, 280 00 Kolín II.

### COMMODORE KLUB C=16, 116, PLUS/4

v Plzni  
pořádá 19. 11. 1988  
setkání uživatelů.

Informace:

Ing. P. Bruncík, Chválenická  
19, 317 05 Plzeň

### KOUPÍME

**osobní mikropočítač Commodore +4** nebo Commodore 128  
nebo Commodore 128D a tiskárnou Commodore MPS 1250  
i jednotlivě.

Závodní klub ROH Metra Blansko  
Svitavská 15, 678 01 Blansko,  
telefon 2545

**ZAKOUPÍME I OD OBČANŮ**  
větší počet mikropočítačů  
SHARP MZ-800, 821 za původní  
cenu. Stáří ani stav nerozho-  
duje.

### SPĚCHÁ!

ZO Svazarmu 405, Na Nivách  
20, 141 00 Praha 4



## ZVL Praha — koncernový podnik 109 05 Praha 10, Ke Kabelu 193

přijme

pracovníky strojírenských profesí (nástrojaře, brusiče, strojní mechaniky,  
seřizovače, opraváře strojů, rytce kovů atd.)  
a dále ženy na brusírnu, montáž a kontrolu — OTK.

Nevyučené zaškolíme.

Podnik nabízí zvyšování kvalifikace, možnost získání družstevně stabilizačního bytu, rekreaci ve vlastních rekreacích zařízeních i výměnnou zahraniční rekreaci, preferenční příplatek u strojních profesí apod.  
Získáte zajímavé a perspektivní zaměstnání, s uplatněním elektronizace  
v řízení technologických procesů při výrobě ložisek.

Bližší informace vám podá písemně i telefonicky osobní oddělení podniku  
— telefon 70 14 21 linka 294.